

FACULTAD DE CIENCIAS
GRADO EN CIENCIAS DEL MAR
TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO ACADÉMICO [2016-2017]

TÍTULO:

Abundancia de copépodos parásitos (*Lepteophtheirus salmonis* y *Caligus* spp.) y de la comunidad de zooplancton en el entorno de las jaulas de engorde de salmón atlántico en fiordos noruegos.

AUTOR:

Juan Carlos Sanz González

Resumen

Las actividades acuícolas pueden influir en la comunidad de zooplancton en ambientes costeros debido a la introducción de estructuras artificiales, tales como jaulas de acuicultura, que proporcionan complejidad estructural en el sistema pelágico, pudiendo afectar a la hidrodinámica de la zona. Por ejemplo, las jaulas de engorde de salmón atlántico (*Salmo salar*) pueden alterar la abundancia y distribución de la comunidad de zooplancton, siendo de especial interés el efecto que tienen sobre las fases larvares de copépodos parásitos. A pesar de su importancia, los efectos de la acuicultura costera en la comunidad de zooplancton y los posibles cambios en su abundancia y distribución siguen sin estudiarse en profundidad. Se planteó un estudio con la hipótesis general de que la existencia de las instalaciones de salmón atlántico afecta a la abundancia de zooplancton, siendo un factor importante la utilización de cortinas para evitar la infestación de copépodos parásitos. Se muestrearon dos instalaciones de acuicultura en los fiordos noruegos, a 1 y 3 m de profundidad, cuya única diferencia entre éstas era que una contaba con la existencia de una cortina de plástico dentro de cada una de las jaulas entre 0 y 6 metros de profundidad. La abundancia de individuos de zooplancton fue mayor en las jaulas con cortina. Los grupos taxonómicos más abundantes fueron Ciclopoida (43.1%) y Calanoida (36%). Además del muestreo de zooplancton, se cuantificaron los nauplios de *Leptoeophtheirus salmonis* y de *Caligus* spp. que no mostraban diferencias entre las instalaciones, aunque si se observaba una abundancia mayor fuera de las jaulas sin cortina. El análisis multivariante mostró diferencias significativas para los grupos de zooplancton más abundantes (Calanoida, Ciclopoida, Cladocera: *Evadne* spp. y *Podon* spp., larvas zoea de decápodos y Polychaeta). Este marcado aumento de algunos taxones en las jaulas, tanto dentro como fuera, fue consistente independientemente de la profundidad. Se discuten las razones de la mayor abundancia de zooplancton tanto dentro como en las inmediaciones de las jaulas, y se sugiere un efecto de retención causados por las cortinas colocadas en las estructuras de las jaulas posiblemente debido a la reducción física de las corrientes y a las migraciones verticales de la comunidad de zooplancton. Esta medida de gestión de la infestación de copépodos parásitos no parece ser efectiva para evitar la existencia de nauplios en el interior de las jaulas de engorde de salmón Atlántico.

Palabras clave: Piojos marinos; zooplancton; impacto en la acuicultura; cortina de plástico.

Abstract

Aquaculture activities may influence the zooplankton community in coastal environments due to the introduction of artificial structures, such as floating cages, that provide structural complexity in the pelagic system and may affect the hydrodynamics of the area. For example, Atlantic salmon farming cages (*Salmo salar*) may alter the abundance and distribution of the zooplankton community, with their effect on larval stages of parasitic copepods being of particular interest. Despite its importance, the effects of coastal aquaculture on the zooplankton assemblage and the potential changes in their abundance and distribution remain largely unstudied. A study was proposed with the general hypothesis that the existence of the Atlantic salmon facilities affects the abundance of zooplankton, being an important factor the use of curtains to avoid the infestation of parasite copepods. Two aquaculture facilities were sampled in the Norwegian fjords, 1 and 3 m deep, with the only difference between them being that one had a plastic curtain inside each of the cages between 0 and 6 meters depth. The abundance of zooplankton individuals was greater in curtain cages. The most abundant taxonomic groups were Cyclopoida (43.1%) and Calanoida (36%). In addition to the zooplankton sampling, the nauplii of *Leptoeophtheirus salmonis* and *Caligus* spp. were quantified, which showing no differences between the facilities, although greater abundance was observed outside the cages without a curtain. The multivariate analysis showed significant differences for the most abundant zooplankton groups (Calanoida, Cyclopoida, Cladocera: *Evadne* spp. and *Podon* spp., Crustacean larvae and Polychaeta). This marked increase of some taxa in the cages, both inside and outside, was consistent regardless of depth. The reasons for the increased abundance of zooplankton both within and near the cages are discussed and a retention effect is suggested by curtains placed on cage structures possibly due to the physical reduction of currents and migrations of the zooplankton community. This management measure of parasite copepod infestation does not seem to be effective to avoid the existence of nauplii inside the Atlantic salmon fattening cages.

Keywords: Sealices; zooplankton; aquaculture impact; plastic curtain.

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	6
Antecedentes	11
Justificación y objetivos	12
Material y métodos	13
<i>Área de estudio</i>	<i>13</i>
<i>Muestreo</i>	<i>15</i>
<i>Identificación de especies o grupos taxonómicos</i>	<i>16</i>
<i>Análisis de datos</i>	<i>17</i>
Cronograma	18
Resultados	18
Discusión	31
Conclusiones	35
Conclussions	35
Agradecimientos	36
Referencias	36
Anexo	42

Introducción

En las últimas tres décadas, las jaulas de acuicultura se han desarrollado rápida y ampliamente en todo el mundo. El salmón atlántico, *Salmo salar* (Linnaeus, 1758), entró en la acuicultura comercial hace más de 25 años y es una de las especies más cultivadas (Saunders 1995; Boghen 1996; Anderson 1997). El área de distribución natural del salmón atlántico incluye los ríos y el norte del Océano Atlántico desde Norteamérica hasta los países escandinavos (Noruega principalmente, Finlandia y Suecia) y Europa entre los 40º y 70º (MacCrimmon y Gots 1979).

En el Atlántico, el *S. salar* se cultiva intensamente en Noruega, Escocia, Irlanda y la costa noreste de EEUU. Sin embargo, su producción se ha extendido a otros países fuera de su rango de distribución natural como Chile y las costas del Pacífico de Canadá. La producción actual supera las 2.326.288 toneladas de salmón (FAO, 2014), por lo que su biomasa en la acuicultura ya supera la biomasa de la población salvaje. Por lo tanto, la actividad de la acuicultura del salmón, los escapes de salmones y truchas desde los centros de cultivo y las infestaciones de copépodos parásitos, comúnmente llamados piojos de mar (sealices), pueden producir una presión sobre las poblaciones naturales en los fiordos y en la zona sur de Noruega (Bergeim, 2012).

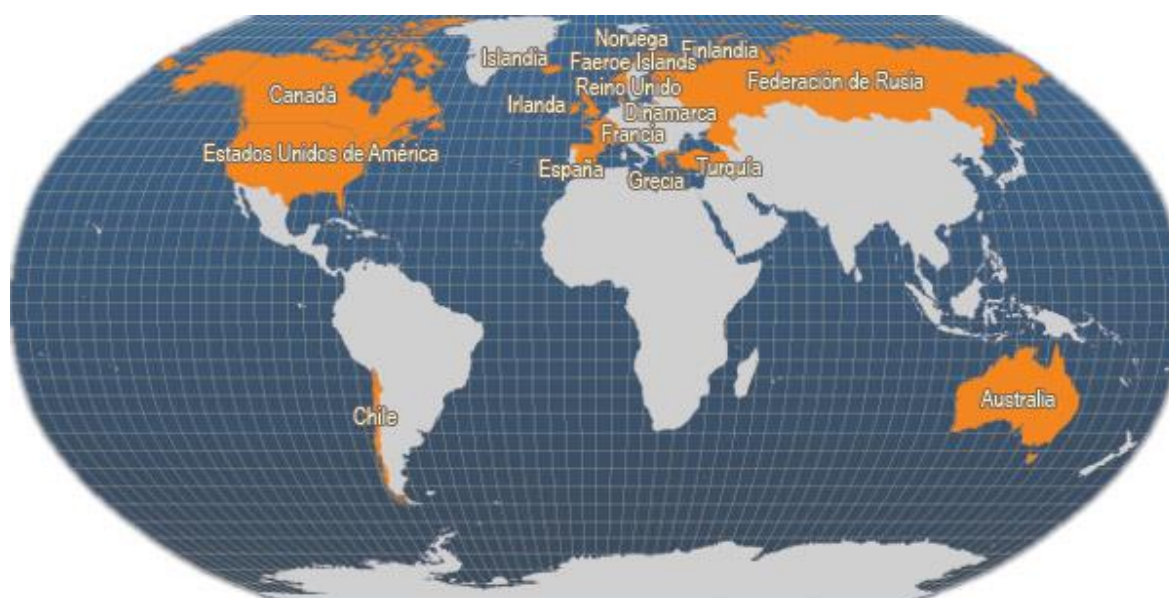


Figura 1. Principales países productores de *Salmo salar*. Fuente: FAO, Estadística Pesquera, 2006.

La industria del salmón del Atlántico se inició por primera vez en Noruega a principios de 1970 y ahora se ha convertido en una de las mayores industrias de exportación del país. Además del salmón del Atlántico, que es, con mucho, la especie más cultivada en Noruega, también se comercializan la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) y otras especies marinas como el bacalao (*Gadus morhua* (Linnaeus, 1758)) y el halibut (*Hippoglossus hippoglossus* (Linnaeus, 1758)). La acuicultura de salmónidos en Noruega y otros países donde estas especies se cultivan en grandes cantidades, se basa principalmente en la producción de huevos y juveniles en instalaciones de agua dulce en tierra, combinada con el crecimiento de los mismos en jaulas en mar abierto. La rápida expansión de la industria de la acuicultura ha aumentado la presencia de este tipo de instalaciones en ambientes costeros (Taranger *et al.*, 2015).

El cultivo del salmón cuenta con problemas ambientales ya que las jaulas de acuicultura interactúan con el medio ambiente marino a distintas escalas espaciales y temporales, y esto genera cambios variables en la composición de las comunidades bentónicas y pelágicas, afectando a la demografía de las poblaciones salvajes de salmón (Karakassis *et al.*, 2000; Dempster *et al.*, 2002; Mirto *et al.*, 2010). Estos cambios están relacionados con el enriquecimiento orgánico derivado del exceso de alimentos no consumidos, excreciones de peces, contaminación química por medicamentos, productos antifouling, efectos derivados de los escapes, transmisión de enfermedades y parásitos e introducción de especies exóticas como es el caso de la trucha arcoíris (Dempster *et al.*, 2002; Holmer *et al.*, 2007; Borja *et al.*, 2009; Fernandez-Gonzalez y Sanchez-Jerez, 2011).

Por otro lado, el despliegue de estas estructuras artificiales masivas en el medio ambiente pelágico pueden provocar cambios severos en la composición de la biota silvestre, especialmente por la agregación de fauna íctica que se asocia a las jaulas debido al incremento de la estructura del hábitat y por el incremento de recursos tróficos (Fernandez-Jover *et al.*, 2016).

Uno de los principales problemas del cultivo del salmón atlántico para la sostenibilidad económica y ecológica de su producción ha sido la infestación masiva de los mismos por los piojos marinos, copépodos ectoparásitos de los géneros *Lepeophtheirus* sp. y *Caligus* sp. Este problema tiene un gran impacto en la economía de los piscicultores debido al elevado coste de los tratamientos, a que existe un mayor desperdicio de piensos, a una menor calidad de

mercado del producto final y a los problemas sociales de aceptación de la acuicultura por su efecto negativo sobre las poblaciones de salmón salvajes. La industria del salmón gasta cada año alrededor de 175 millones € / año en tratamientos de los piojos marinos (Bergheim, 2012).

Por otra parte, en las zonas de cultivo de salmón se produce un incremento de la presencia de este parásito en individuos salvajes. El cultivo del salmón atlántico (*Salmo salar*) se correlaciona con la infestación del piojo de mar *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) en juveniles de salmón en Europa (Tully *et al.*, 1993; Birkeland, 1996; Heuch *et al.*, 2005) ya que las jaulas de salmón están identificadas como factores que contribuyen a la infestación de piojos del salmón a los salmónidos tanto cultivados como salvajes. Además, también pueden ser infectados por *Caligus elongatus* (Nordmann, 1832). Sin embargo, como *L. salmonis* afecta más al salmón cultivado, se ha estudiado más intensamente que *C. elongatus* (Boxaspen, 2006).



Figura 2. Copépodos parásitos adultos (*Lepeophtheirus salmonis* y *Caligus* spp.) en un salmón Atlántico (*Salmo salar*). Fuente: Pablo Sánchez Jerez.

Respecto a la biología de *L. salmonis*, es un copépodo parásito natural del orden Siphonostomatoida específico del *S. salar* endémico del Hemisferio Norte (Pike y Wadsworth 1999). Este copépodo parásito puede sobrevivir sin huésped durante 5 días a 10°C (Boxaspen y Næss 2000). La salinidad óptima para la supervivencia y reproducción de *L. salmonis* es de 30‰ (Johnson y Albright 1991) pero pueden tolerar niveles de salinidad tan bajos como 15‰ (Pike y Wadsworth 1999). Las larvas de estos individuos, nauplios, flotan por la superficie

libremente aproximadamente durante 4 días hasta que alcanzan la capacidad infecciosa, es decir, la etapa copepodita (Pike y Wadsworth 1999). Son realmente difíciles de encontrar en su estadio larvario en el medio natural debido a su reducida abundancia y a su distribución agregada (Tully y Whelan, 1993; Costelloe *et al.*, 1996).



Figura 3. Copépodos parásitos adultos observados a la lupa binocular. A la izquierda el macho y a la derecha la hembra. Fuente: Pablo Sánchez Jerez.

El ciclo de vida de este parásito se detalla en la figura 4, y consta de 5 fases. Como se ha indicado anteriormente, tras la eclosión de los huevos fecundados, se da lugar a larvas planctónicas denominadas nauplios, que poseen una fase planctónica y otra fase libre nadadora antes de convertirse en copepodito. Posteriormente sucede el estadio de copepodito, que es la fase infecciosa del parásito y que debe encontrar un pez hospedador. Una vez adherido al hospedador, con la modificación del aparato bucal en forma de garfios, el copepodito desarrollará las fases de chalimus (2 estadios fijos), preadultos (2 estadios móviles) y adultos (fase definitiva) cuando tienen la capacidad reproductiva (Costello, 2006). Estos últimos poseen unas piezas bucales duras con las cuales se alimenta del mucus, piel y tejidos del hospedador, causándole lesiones en la piel que pueden ser infectadas por bacterias y hongos (Costello, 2006).

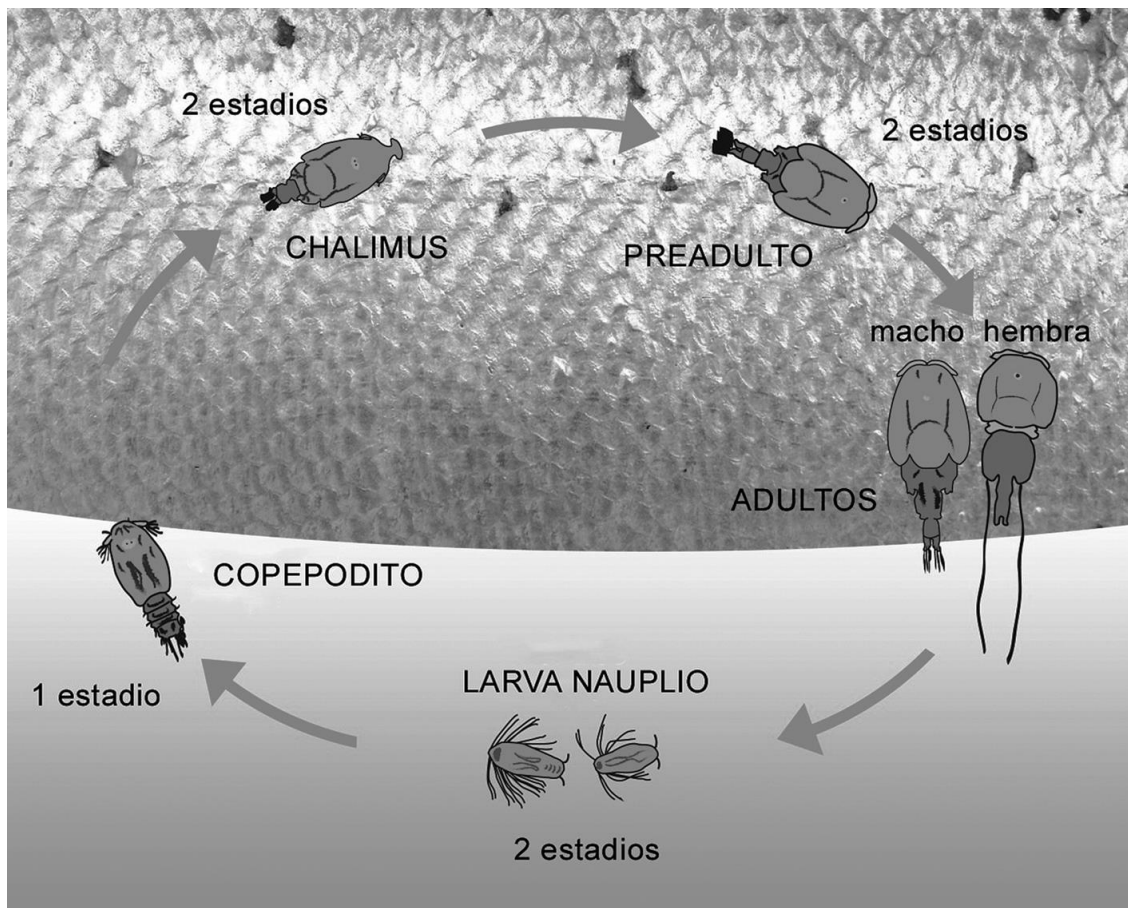


Figura 4. Ciclo de vida del copépodo parásito marino en todas sus fases. Fuente: Arechavala-Lopez *et al.*, 2015.

El copépodo parásito se adhiere en la piel y a los tejidos mucosos del pez, cuando abandona al pez facilita la entrada de infecciones secundarias y estrés osmótico, que puede acabar en la muerte del individuo. Los síntomas que generan estos ectoparásitos en los salmónidos son, entre otros, un crecimiento más reducido (Boxaspen, 2006), la pérdida de escamas, graves hemorragias en los ojos y aletas, y hasta incapacidad respiratoria cuando se adhieren a las branquias (FAO, 2014). En la mayoría de los casos se produce una respuesta de estrés generalizado mediada a través de la liberación de cortisol, hormona muy importante para los salmónidos ya que influye en el equilibrio entre el agua y las sales minerales; y en el propio metabolismo de los mismos (Wagner *et al.*, 2008).

Los efectos de este parásito sobre las poblaciones silvestres de salmónidos son potencialmente problemáticos en áreas donde existe una acuicultura intensiva del salmón Atlántico (Finstad *et al.*, 2011) ya que contribuyen al aumento de la mortalidad de las poblaciones silvestres de salmón (Gross, 1998). Esto se ha demostrado ya que la infestación

de dicho parásito en los salmones salvajes de áreas adyacentes a las granjas de salmón es realmente elevada (Pike y Wadsworth 1999) y también se ha demostrado que hay más densidad de piojos en un salmón de piscifactoría escapado al mar que en un pez silvestre (Gross, 1998).

Cabe esperar que la distribución de nauplios de copépodos parásitos se relacione con la dispersión y distribución de la comunidad de zooplancton en el sistema pelágico en relación a la existencia de las jaulas de salmón. La existencia de la estructura de la granja en el sistema pelágico, ya sea por el efecto de retención de las corrientes como por el incremento de recursos tróficos, incrementa la concentración de zooplancton en sus inmediaciones (Fernández-Jover *et al.*, 2016).

Este proceso se ha comprobado en jaulas de dorada y lubina situadas en el SW del Mediterráneo mediante trampas de luz, identificándose aumentos de hasta 148.735 en la abundancia de individuos, debido a una agregación extrema de copépodos, larvas de copépodos y de larvas zoea de crustáceos (Fernandez-Jover *et al.*, 2016). Por tanto, las jaulas de salmón pueden ayudar a retener las fases larvarias de copépodos parásitos al igual que lo hace con las fases larvarias de otros copépodos.

A parte de la retención física por reducción de las corrientes, los nutrientes originados en las granjas también pueden estimular el desarrollo de una abundante comunidad de zooplancton, debido a la mayor disponibilidad de alimentos en forma de materia orgánica en partículas (MOP) derivada de los desechos de acuicultura o a su agregación debido a señales químicas. Esta MOP es consumida por el zooplancton, ya que los ácidos grasos específicos distinguibles en los desechos de alimentos se incorporan en la cadena trófica, como se detecta a través del análisis del perfil lipídico del zooplancton (Fernandez-Jover *et al.*, 2016).

Antecedentes

El estudio de la comunidad pelágica de zooplancton en el entorno de las jaulas de acuicultura en mar abierto es necesario para entender cuál es mecanismo de agregación de zooplancton en general y de larvas de copépodos parásitos en concreto, con el fin de conseguir reducir la incidencia de este parásito en las jaulas de engorde de salmón.

Apenas existen datos sobre el efecto de las jaulas de salmón sobre la comunidad de

zooplancton. Sin embargo, se han implementado una serie de medidas de mitigación de entrada de copépodos parásitos en las jaulas como por ejemplo es el uso de pantallas de protección, alimentación submarina, uso de trampas de luz o cercas eléctricas y camas de mejillones debajo de las jaulas (Molloy *et al.*, 2011, Frenzl *et al.*, 2014, Lien *et al.*, 2014, Aaen *et al.*, 2015), sin conocer en detalle su efecto sobre la comunidad de zooplancton. La mayoría de estas tecnologías se basan en que los copépodos son más abundantes en los pocos metros superiores de la columna de agua y responden a los estímulos de luz (á Norði *et al.*, 2016), pretendiendo reducir su entrada o eliminación por filtración. En el SW del Mediterráneo se ha demostrado como la existencia de jaulas de engorde de dorada y lubina produce un incremento en la abundancia de zooplancton en las inmediaciones, probablemente debido a la reducción física de las corrientes en estos puntos y la generación de vórtices de concentración de zooplancton. El hecho de emplear barreras físicas como las cortinas puede estar afectando en mayor medida a la distribución de zooplancton. Estos aspectos no se han estudiado en profundidad en el cultivo del salmón en mar abierto, aspecto necesario para poder gestionar adecuadamente la tecnología de cultivo del salmón para entender el funcionamiento ecológico de los sistemas físicos de eliminación de ectoparásitos.

Justificación y objetivos

El mayor problema a nivel mundial en el cultivo de peces es la infestación por parte de copépodos ectoparásitos. Incrementar el conocimiento sobre la posible agregación de zooplancton en el entorno de las jaulas de engorde de salmón y determinar los cambios de abundancia de las fases larvarias de los copépodos ectoparásitos de los géneros *Lepeophtheirus* sp. y *Caligus* sp. en relación a la existencia de las jaulas y el uso de sistemas físicos para la reducir la infestación (cortinas), es crucial para un correcto manejo en estos sistemas de acuicultura.

Existen numerosos estudios que evalúan el impacto de los piojos marinos (sealices) sobre las poblaciones de salmón, pero ninguno ha utilizado una medida de gestión que supone la colocación de una cortina de plástico de 0 a 6 metros de profundidad con el fin de impedir la entrada de nauplios de copépodos parásitos.

La existencia de las jaulas de engorde de salmón atlántico en Noruega, debe producir cambios en la abundancia del zooplancton, en concreto de las fases larvarias de copépodos

parásitos. Además, la misma estructura de las jaulas y la utilización de la cortina debe afectar a la abundancia de las larvas de copépodos parásitos y los diferentes grupos que configuran el zooplancton dependiendo de la profundidad. Por tanto, la hipótesis del presente estudio es comprobar mediante la abundancia de las larvas de copépodos parásitos y la abundancia de los grupos principales de zooplancton si el efecto que provocan estas cortinas de plástico reduce la entrada de parásitos y si afecta a la distribución de la comunidad de zooplancton en general, frente a las jaulas sin este complemento.

Los objetivos concretos de este trabajo fueron los siguientes:

1. Determinar si la existencia de instalaciones de acuicultura en fiordos, configuradas por grupos de jaulas, afectan a la abundancia de zooplancton y de las larvas de copépodos parásitos, comparando la comunidad en zonas control sin acuicultura y en la zona interna de las instalaciones tanto dentro como fuera de las jaulas.
2. Establecer si dentro de las jaulas el uso de una cortina ayuda a reducir el número de larvas de copépodos parásitos, y si además, afecta a la abundancia del zooplancton.
3. Definir si estos procesos cambian en relación a la profundidad.

Material y métodos

Área de estudio

Se muestreó en dos instalaciones pertenecientes a la empresa noruega Måsøyval. Uno de los lugares de muestreo se situó al norte de Bukkholmen, en la isla de Hitra, Noruega, en la costa suroeste del condado de Sogn og Fjordane (63° 43.474'N/08°51.674'E). El muestreo se llevó a cabo entre los días 08/08/2016 y el 16/08/2016. En esta instalación han colocado una cortina de plástico de unos 6 metros de profundidad en las jaulas de acuicultura para reducir la entrada de nauplios de *L. salmonis* y *Caligus* spp. en las poblaciones de salmón cultivado. Consta de 4 jaulas, de unos 25 metros de profundidad en las que la profundidad del fondo variaba entre 40-70 metros.

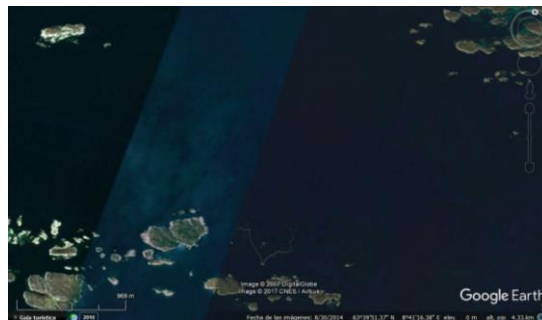


Figura 6. Arriba mapa global de la zona de Noruega en el que se localiza la isla de Hitra. A la izquierda, las cuatro jaulas de la instalación de acuicultura situada en Bukkholmen. A la derecha, las doce jaulas de la instalación de acuicultura situada en Espenestaren. Fuente: Google Earth.

La otra instalación muestreada se situó en Espenestaren, al norte de Hitra, Noruega ($63^{\circ}40.592'N/08^{\circ}39.857'E$). Los días que se muestrearon en esta zona fueron del 18/08/2016 al 25/08/2016. Esta instalación constaba de unas doce jaulas con una profundidad de unos 25 m cada una y situadas en una zona entre 60 y 80 metros de profundidad. Esta instalación no cuenta con las cortinas mencionadas anteriormente en las instalaciones anteriores.

Las muestras control se recogieron a una distancia de más de 2 km de las instalaciones pero en el mismo fiordo y bajo las mismas condiciones oceanográficas.

Muestreo

Se muestrearon dos instalaciones de engorde de salmón: Espenestaren y Bukkholmen, en las que se recogieron muestras a 1 y 3 m de profundidad. Estas muestras se recogieron dentro de las jaulas, fuera de las jaulas pero dentro de las instalaciones y una zona control alejada de las instalaciones. El muestreo de zooplancton se realizó durante el día. El agua se bombeaba con una bomba de agua Honda, y se vertía en la superficie del agua sobre una red filtrante flotante de 250 micras con una boca de 1 m² y 2 metros de largo. Para medir el caudal existía un flujómetro digital intercalado entre la bomba y el tubo vertido en la red de filtrado. Se filtraron 10 m³ de agua por muestra. También se utilizó un CTD CastAway con GPS integrado y perfiladores de corrientes para la parte física del proyecto. El acúmulo de zooplancton en el colector final, se limpiaba con agua a presión, vertiendo la muestra final en un bote de 500 ml, fijando con etanol al 90%.

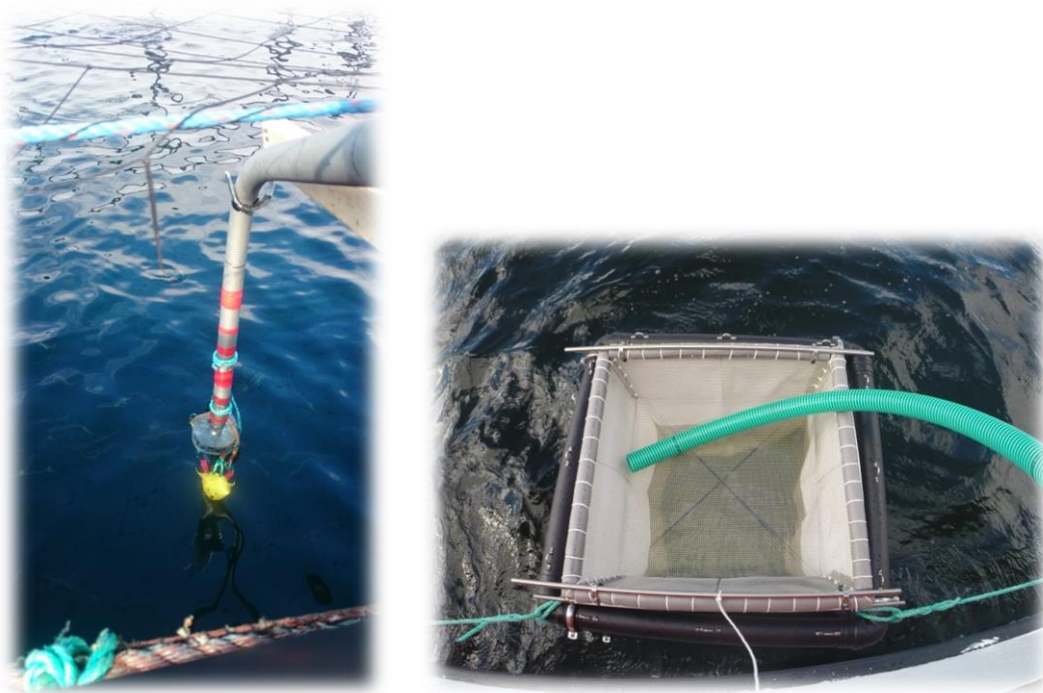


Figura 7. A la izquierda, bombeo del agua mediante una bomba con un motor Honda en las jaulas de salmón. A la derecha, el filtrado de agua en la red. Fuente: Pablo Sánchez Jerez.

Para estimar la abundancia de zooplancton se tomaron 5 submuestras de 5 ml para su identificación, analizando un 5% muestral del bote, es decir, 0.5 m^3 . Sin embargo, para determinar la abundancia de parásitos se analizó el 20% de la muestra, es decir, 2 m^3 .

Identificación de especies o grupos taxonómicos

De las muestras procesadas se realizó un recuento de cada grupo taxonómico de zooplancton mediante la Guía Visual de zooplancton de Álvaro Roura. Los grupos taxonómicos muestreados fueron: Calanoida, Ciclopoida, Harpacticoida, Cladocera entre los que se distinguieron los géneros: *Evadne* spp. y *Podon* spp., Appendicularia, larvas zoea de decápodos, Polychaeta, Chaetognatha y Amphipoda. Además también se realizaron conteos de los nauplios de copépodos. El recuento se ha realizado cogiendo 5 ml con una pipeta y depositándolos en una placa Petri en “z” con una cavidad de 10 ml.

En cuanto al recuento de los copépodos parásitos se realizó el mismo tratamiento de las muestras pero con un número de submuestras mayor. Es decir, observando a la lupa binocular, se realizaron 5 réplicas de 5 ml de cada bote de 500 ml para conteo de individuos de zooplancton mientras que para el conteo de copépodos parásitos del salmón se han hecho 20 réplicas debido a la baja abundancia de éstos. La densidad de los individuos se estandarizó al número de organismos/ m^3 , desde su abundancia por submuestras del número de individuos/ml.

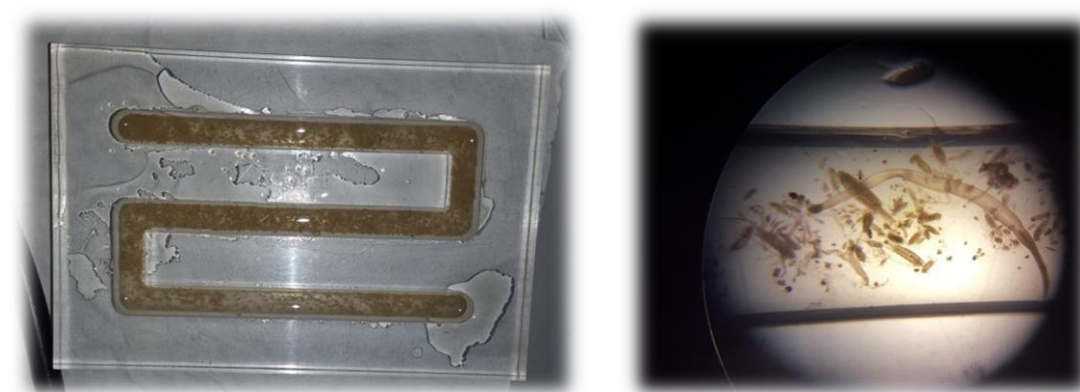


Figura 8. A la izquierda, muestras de zooplancton en la placa Petri en “z”. A la derecha, campo de la lupa binocular donde se observan copépodos, chaetognatos y cladóceros.

Se separaron tanto los copépodos parásitos del salmón en todas sus fases: nauplios, copepoditos y adultos; como anfípodos e isópodos para futuros estudios de abundancia de

esos grupos taxonómicos.

Análisis de datos

Se testaron las diferencias en la estructura de la comunidad de zooplancton y copépodos ectoparásitos entre las áreas de control y las jaulas, dentro de las mismas y en la instalación, utilizando un análisis estadístico tanto univariante como multivariante.

Análisis univariante

Se realizó un análisis univariante para la abundancia total de los grupos taxonómicos y otro para los grupos principales usando el paquete estadístico R.

El diseño experimental consistió en cuatro factores: Uso de cortina (2 niveles, fijo), distancia respecto a la jaula (dentro, fuera y control; 3 niveles, fijo y ortogonal), la profundidad (1m y 3m; 2 niveles, fijo y ortogonal) y el sitio (2 niveles, aleatorio y anidado en la interacción de localidad y distancia de la jaula). En total se procesaron un total de 120 réplicas para estimar la abundancia del zooplancton y 480 réplicas para estimar la de los copépodos parásitos, en las que se contabilizaban nauplios, copepoditos y adultos.

El modelo de fuentes de variabilidad del diseño experimental fue:

$$X = \mu + \text{Cortina}_i + \text{Distancia}_j + \text{Profundidad}_k + \text{Sitio}_{l(ij)} + \text{Cortina*Distancia}_{ij} + \text{Distancia*Profundidad}_{jk} + \text{Cortina*Profundidad}_{ik} + \text{Cortina*Distancia*Profundidad}_{ijk} + \text{Profundidad*Sitio}_{kl(ij)} + \text{Error}_{n(ijkl)}$$

El análisis de la varianza (ANOVA) fue utilizado para testar las diferencias significativas entre los diferentes factores y sus interacciones. Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas se utilizó un análisis a posteriori con múltiples comparaciones en las muestras mediante el test SNK (Student-Newman-Keuls) (Underwood, 1981). Antes del análisis, el test de Cochran (Cochran, 1951) fue utilizado para asegurar la homogeneidad de varianzas. Cuando no existía homogeneidad de varianzas, los datos fueron transformados por $\sqrt{x+1}$ o $\log x+1$. Cuando las transformaciones no solucionaban la heterogeneidad de varianzas, los análisis que se realizaron sobre los datos sin transformar, ajustando el α a 0.01, ya que el ANOVA es robusto, sobre todo cuando el diseño está balanceado y contiene un gran número de muestras (Underwood, 1997).

Análisis multivariante

Un análisis multidimensional no paramétrico (MDS) fue utilizado como el método de ordenación para determinar las diferencias en la composición de la comunidad de zooplancton (Clarke y Warwick, 1994). Para este ensayo, los datos se transformaron con la raíz cuarta y la matriz de similitud se calculó utilizando el índice de Bray-Curtis. Para calcular la contribución de cada especie a la disimilitud entre el impacto de las granjas y el control (programa PRIMER, Clarke, 1993) fue utilizado el procedimiento de similitudes porcentuales (SIMPER). Un análisis de permutaciones (PERMANOVA software, Anderson y Braak, 2003) se utilizó para analizar las diferencias de la composición de las especies siguiendo el mismo diseño experimental que el análisis univariante.

Cronograma

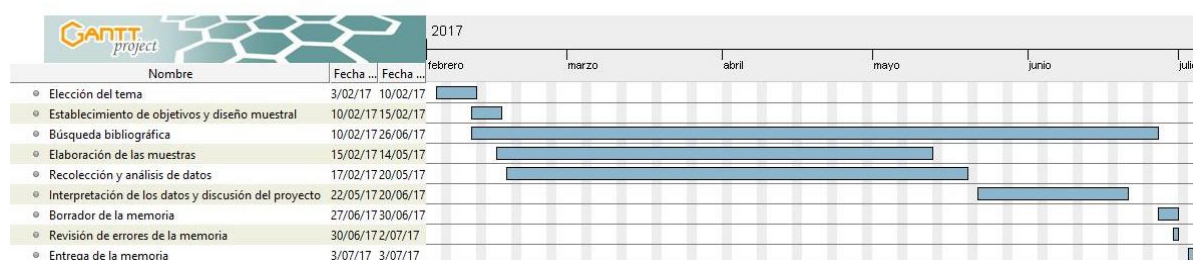


Figura 5. Cronograma de las actividades realizadas a lo largo del proyecto.

Resultados

En el estudio, un total de 997600 individuos pertenecientes a los 10 grupos taxonómicos: Calanoida, Ciclopoida, Harpacticoida, Cladocera de los géneros: *Evadne* spp. y *Podon* spp., Appendicularia, larvas zoea de decápodos, Chaetognatha, Polychaeta y Amphipoda, fueron contados. El grupo taxonómico más abundante fueron los copépodos del orden Ciclopoida con un 43.1%, seguidos del orden Calanoida con un 36% de la abundancia total. Aunque no se realizó un conteo a nivel taxonómico más específico, la mayor proporción del orden Ciclopoida eran del género *Oithona* (Tabla 2). En los recuentos de copépodos parásitos, se cuantificaron un total de 70 individuos en los que se distinguieron las fases de: nauplio, copepodito y adulto. Sin embargo, la abundancia de estas dos últimas fases fue realmente baja.

COPÉPODOS ECTOPARÁSITOS (Individuos/m3)												
Estadios de los copépodos ectoparásitos	Cortina						Sin cortina					
	Dentro			Fuera			Dentro			Fuera		
	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m
Nauplios	0,1625 (± 0,041)	0,0625 (± 0,026)	0	0	0	0	0,4024 (± 0,087)	0,125 (± 0,039)	0	0	0,025 ± 0,017	0,0125 (± 0,0124)
Copepoditos	0	0	0	0	0,05 (± 0,024)	0,0125 (± 0,0124)	0	0	0	0	0	0
Adultos	0,0125 (± 0,0124)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 1. Abundancias medias de las fases de los copépodos parásitos en todas sus fases: nauplios, copepoditos y adultos. Entre paréntesis se representa el error estándar.

ZOOPLANKTON (Individuos/m3)												
Grupos taxonómicos	Cortina						Sin cortina					
	Dentro			Fuera			Dentro			Fuera		
	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m
Calanoida	6606 (± 735,357)	3659 (± 437,653)	2113 (± 85,240)	3080 (± 162,254)	1870 (± 99,006)	3976 (± 179,772)	1453 (± 288,860)	2729 (± 538,523)	3259 (± 138,214)	2354 (± 116,63)	653 (± 122,238)	3420 (± 544,37)
Ciclopoida	3440 (± 112,160)	3752 (± 151,817)	2693 (± 103,021)	3588 (± 314,892)	1882 (± 86,894)	3725 (± 471,393)	2906 (± 100,224)	3993 (± 213,516)	5232 (± 179,875)	4899 (± 212,542)	2119 (± 384,671)	3113 (± 108,002)
Nauplios de copépodos	1825 (± 85,987)	1537 (± 111,445)	860 (± 20,439)	1504 (± 132,196)	534 (± 70,682)	1021 (± 68,935)	632 (± 48,575)	687 (± 38,415)	1350 (± 65,098)	1056 (± 38,36)	494 (± 58,427)	834 (± 50,115)
Evadne spp.	669 (± 174,498)	297 (± 25,256)	1334 (± 113,080)	1726 (± 191,759)	119 (± 13,699)	507 (± 52,367)	97 (± 10,959)	168 (± 21,709)	218 (± 35,956)	178 (± 17,810)	259 (± 64,385)	386 (± 110,847)
Podon spp.	21 (± 2,768)	20 (± 3,943)	75 (± 25,959)	46 (± 12,666)	0	15 (± 4,771)	0	2 (± 1,995)	11 (± 4,068)	13 (± 5,972)	2 (± 1,331)	12 (± 3,266)
Appendicularia	45 (± 8,724)	113 (± 15,206)	77 (± 10,225)	279 (± 32,504)	14 (± 3,399)	85 (± 18,811)	42 (± 5,735)	89 (± 15,235)	94 (± 9,683)	80 (± 11,155)	25 (± 6,540)	42 (± 10,832)
Larva de crustáceos (zoea)	41 (± 12,600)	21 (± 5,044)	7 (± 3,349)	6 (± 2,666)	22 (± 3,265)	52 (± 9,865)	26 (± 7,483)	11 (± 4,068)	18 (± 4,666)	21 (± 3,785)	14 (± 2,666)	49 (± 7,971)
Polychaeta	15 (± 4,281)	14 (± 3,711)	3 (± 1,527)	18 (± 4,422)	33 (± 8,174)	129 (± 19,116)	0	9 (± 3,480)	9 (± 3,480)	7 ± (2,998)	6 (± 2,211)	23 (± 5,385)
Chaetognatha	1 ± 0,999)	2 (± 1,995)	0	0	2 (± 1,995)	2 (± 1,995)	0	0	0	0	2 (± 1,995)	1 (± 0,999)
Amphipoda	1 (± 0,999)	0	0	2 (± 1,995)	0	1 (± 0,999)	0	0	2 (± 1,995)	2 (± 1,995)	0	0
Harpacticoida	58 (± 20,374)	0	0	5 (± 2,687)	0	4 (± 1,632)	1 (± 0,999)	2 (± 1,995)	1 (± 0,999)	7 (± 4,229)	1 (± 0,999)	8 (± 3,590)

Tabla 2. Abundancias medias de los grupos taxonómicos: Calanoida, Ciclopoida, Evadne spp., Podon spp., Appendicularia, larva de crustáceos (Zoea), Chaetognatha, Amphipoda y Harpacticoida. Entre paréntesis se representa el error estándar.

Los nauplios de copépodos parásitos fueron más abundantes en el primer metro de profundidad que a los tres metros. La mayor abundancia de estos se localizó fuera de la jaula sin cortina. No se encontraron individuos en las zonas control (Figura 9). No se encontraron diferencias significativas entre los factores, posiblemente debido a la baja abundancia que había en la mayoría de muestras con menos de 1 ind/m³ y a la alta variabilidad espacial (Tabla3).

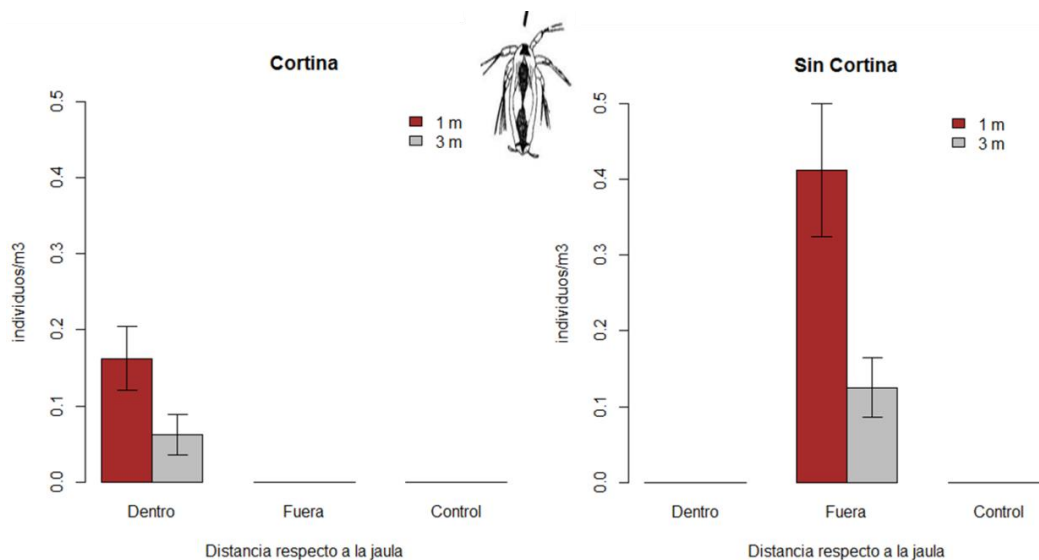


Figura 9. Abundancia media de nauplios de copépodos parásitos marinos en las instalaciones con cortina y sin cortina. Las barras de error indican el error estándar.

Fuentes de variación	gl	Nauplios de copépodos parásitos		F versus
		CM	F	
Co	1	0,32552	0,3683	S (L x D)
Di	2	0,72865	0,8244	S (L x D)
Pr	1	0,50052	1,5278	P x S (L x D)
Co x Di	2	1,53490	1,7366	S (L x D)
Co x Pr	1	0,11719	0,3577	P x S (L x D)
Di x Pr	2	0,21302	0,6502	P x S (L x D)
Co x Di x Pr	2	0,40469	1,2353	P x S (L x D)
Si (Co x Di)	6	0,88385	37,1892**	Res
Pr x Si (Co x Di)	6	0,32760	13,7843**	Res
Res	96	0,02377		
Transformación		-		

Tabla 3. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) con cuatro factores (Co: Cortina, Di: Distancia, Pr: profundidad, Si: sitio) para las abundancia de nauplios de copépodos parásitos en las jaulas con cortina y sin cortina. Res: residual, Gl: grados de libertad, CM: cuadrados medios, F: valor de F, * significancia del pvalor siendo *p<0.01, p*<0.001.

Respecto a la abundancia total de zooplancton, se encontraron abundancias muy elevadas, con valores superiores a 12500 ind/m³ (Figura 10). Las diferencias entre las profundidades fueron mayores a un metro de profundidad que a tres metros. Los resultados mostraron diferencias significativas en la interacción de Distancia y Profundidad ($p<0.05$) y en el factor Profundidad ($p<0.01$) donde se aprecia que las abundancias de los grupos taxonómicos son mayores a un metro de profundidad.

Aunque el grupo Calanoida fue el más abundante junto con Ciclopoida, no presentó diferencias significativas en ninguna interacción, aunque sí se mostró en el factor Cortina ($p<0.05$) alcanzando abundancias en las instalaciones con cortina de hasta 6600 ind/m³ (Figura 11). El orden Ciclopoida también presentó diferencias significativas en el factor Profundidad ($p<0.05$) (Tabla 4) siendo significativamente mayor a una profundidad de tres metros que a un metro (Figura 12).

Respecto a los nauplios de copépodos el análisis del ANOVA resultó significativo en la interacción Cortina y Distancia ($p<0.01$) (Tabla 4) en la que la jaula con cortina difería mucho entre los niveles del factor distancia siendo dentro el que presentaba la mayor abundancia con 1800 ind/m³ (Figura 13). Sin embargo, en la jaula sin cortina, no existían diferencias significativas entre el nivel dentro y la zona control, pero fuera de la jaula era significativamente mayor (1500 ind/m³) que los dos niveles de distancia anteriores, por tanto, también existían diferencias en los dos factores anteriores por separado ambos con $p<0.01$.

En cuanto los dos géneros de cladóceros (*Evadne* spp. y *Podon* spp.) no mostraron diferencias significativas en ninguna interacción, sin embargo *Evadne* spp. sí que mostró diferencias en el factor Cortina ($p<0.05$) (Tabla 4) ya que aumenta considerablemente su abundancia (más de 1000 ind/m³) fuera de la jaula en presencia de la cortina tanto a un metro como a tres de profundidad (Figura 14).

Los resultados del ANOVA con respecto al orden Appendicularia mostraron diferencias significativas en la interacción Cortina y Profundidad ($p<0.01$), siendo significativamente mayor fuera de las jaulas con cortina del resto (Figura 16). También mostró en el factor distancia ($p<0.05$) y en el factor Profundidad ($p<0.001$) (Tabla 4), siendo muy superior a tres metros.

Para concluir los resultados del análisis univariante, las larvas zoea de decápodos no mostraron diferencias en ningún factor aunque se observa una tendencia a agregarse dentro

de las jaulas a un metro (Figura 17), ya que en el estado natural (zona control) son más abundantes a tres metros de profundidad. Sin embargo, la clase Polychaeta sí que mostró diferencias significativas en el factor Profundidad ($p < 0.01$) siendo ligeramente más abundantes a tres metros de profundidad alcanzando valores de 140 ind/m³ (Figura 18).

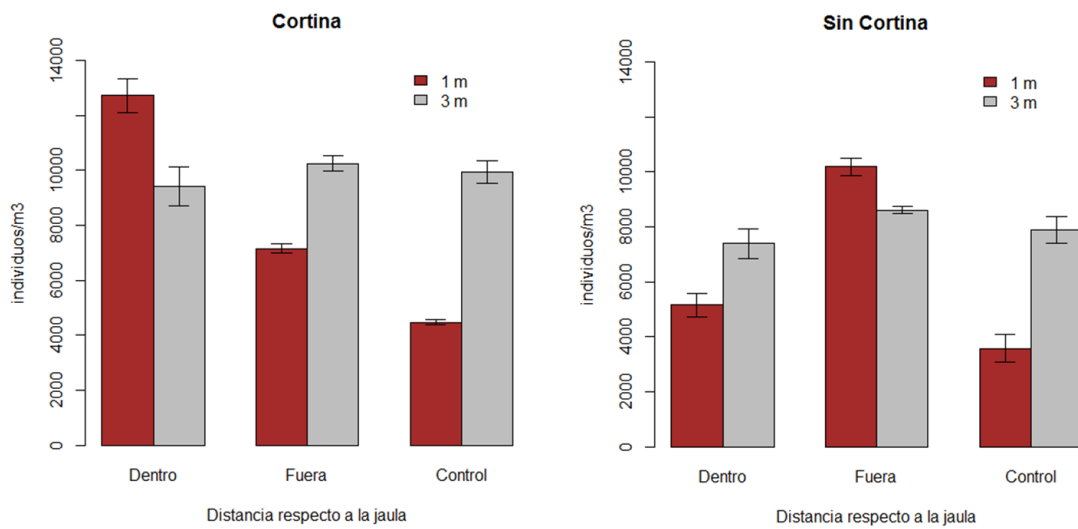


Figura 10. Abundancia media total de individuos por m³ de zooplancton en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad y dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

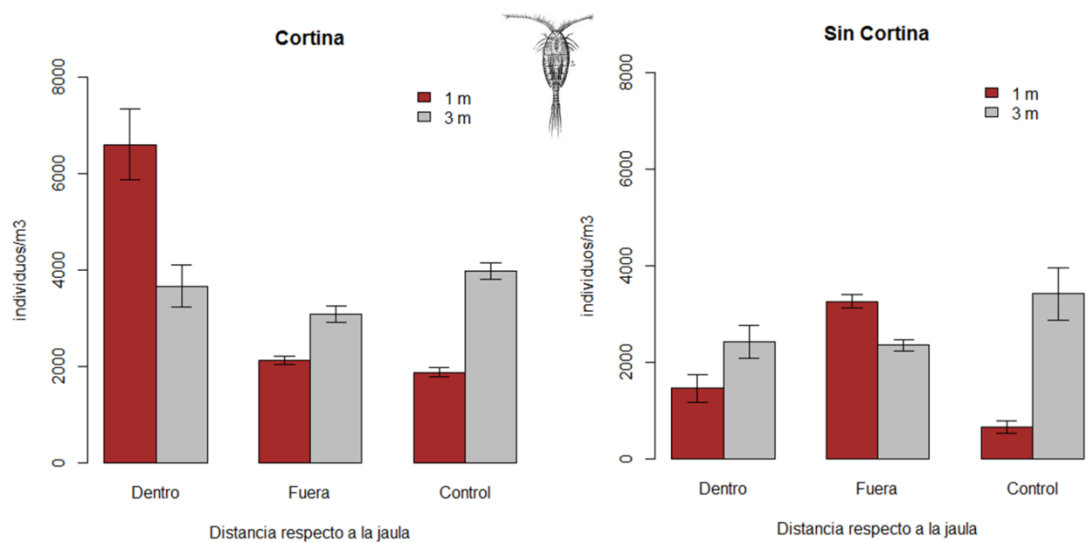


Figura 11. Abundancia media del orden Calanoida (ind/m^3) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

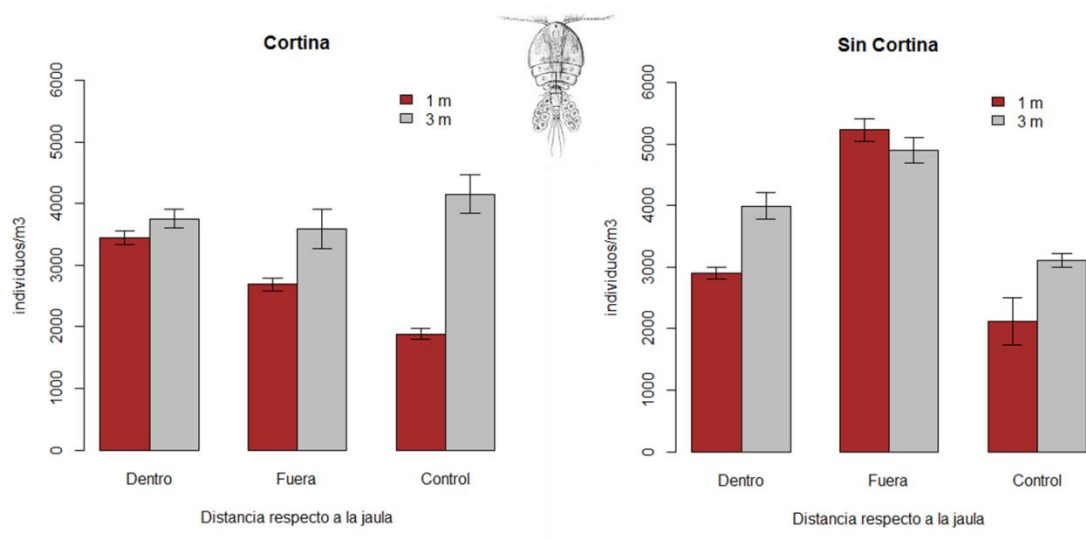


Figura 12. Abundancia media del orden Cyclopoida (ind/m^3) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

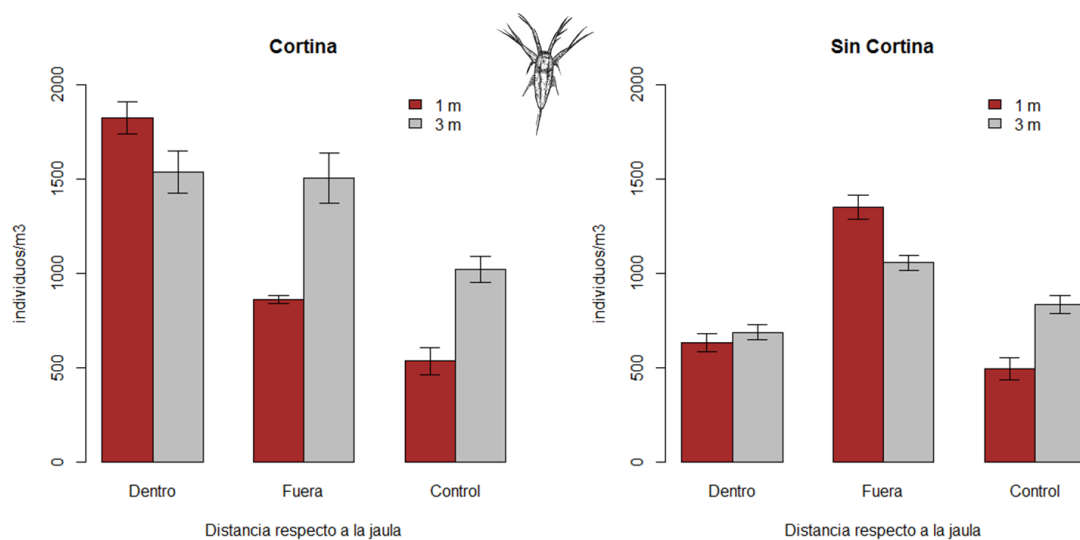


Figura 13. Abundancia media de los nauplios de copépodos (ind/m³) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

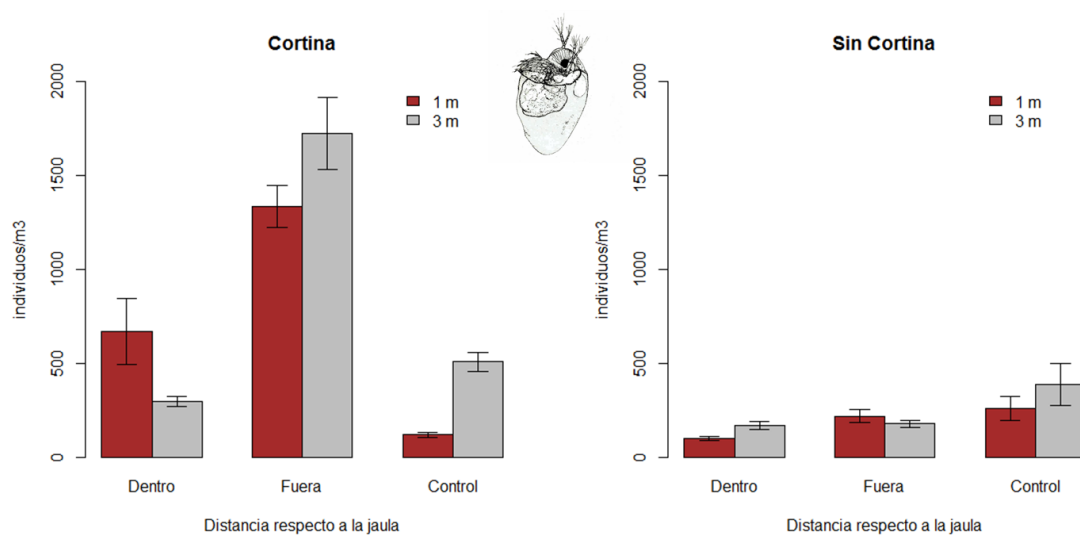


Figura 14. Abundancia media de los cladóceros del género *Evadne* spp. (ind/m³) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

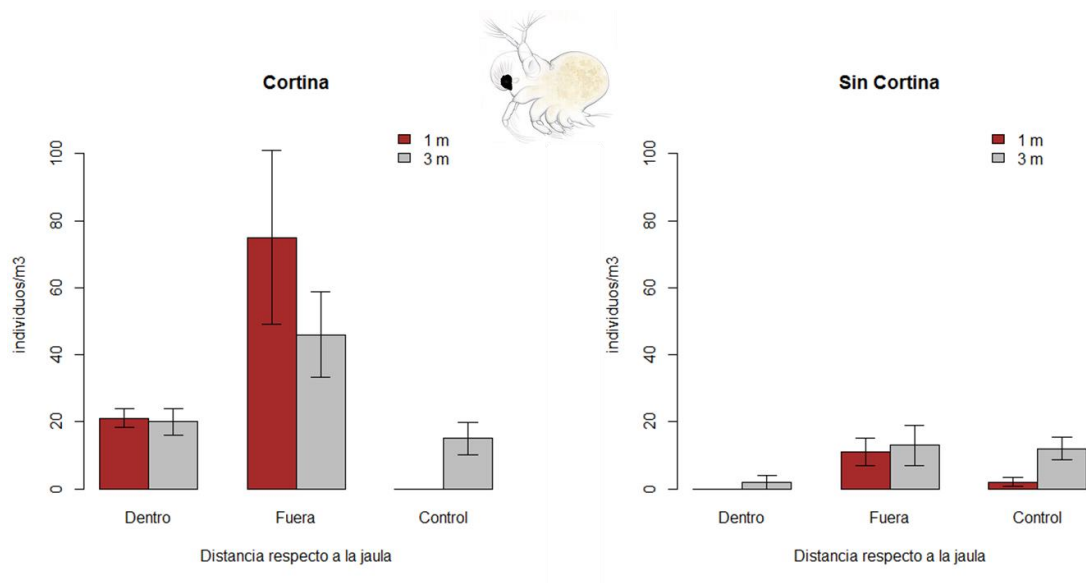


Figura 15. Abundancia media de cladóceros del género *Podon* spp. (ind/m³) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

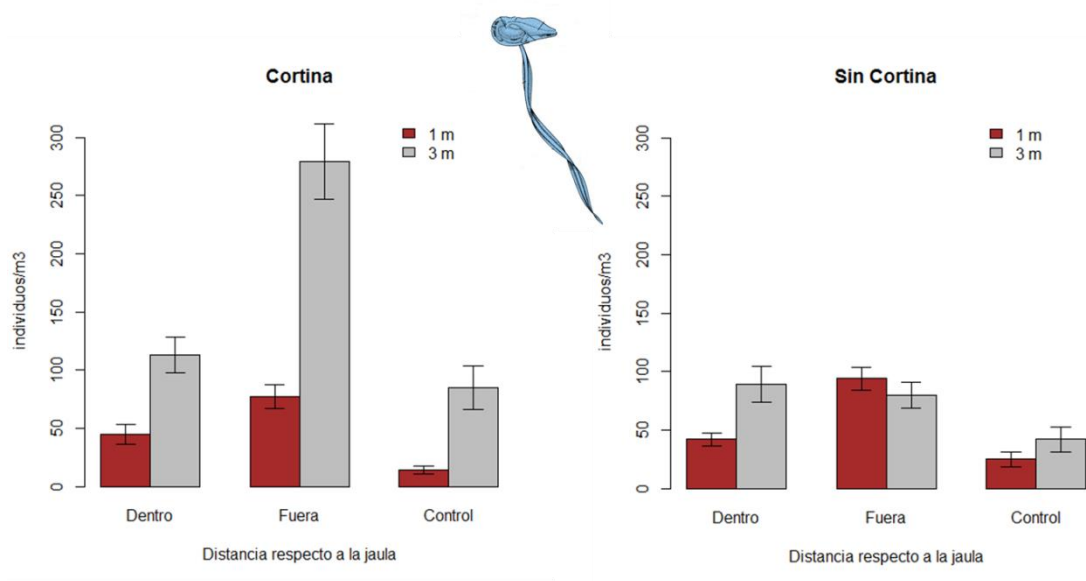


Figura 16. Abundancia media de la clase Appendicularia (ind/m³) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

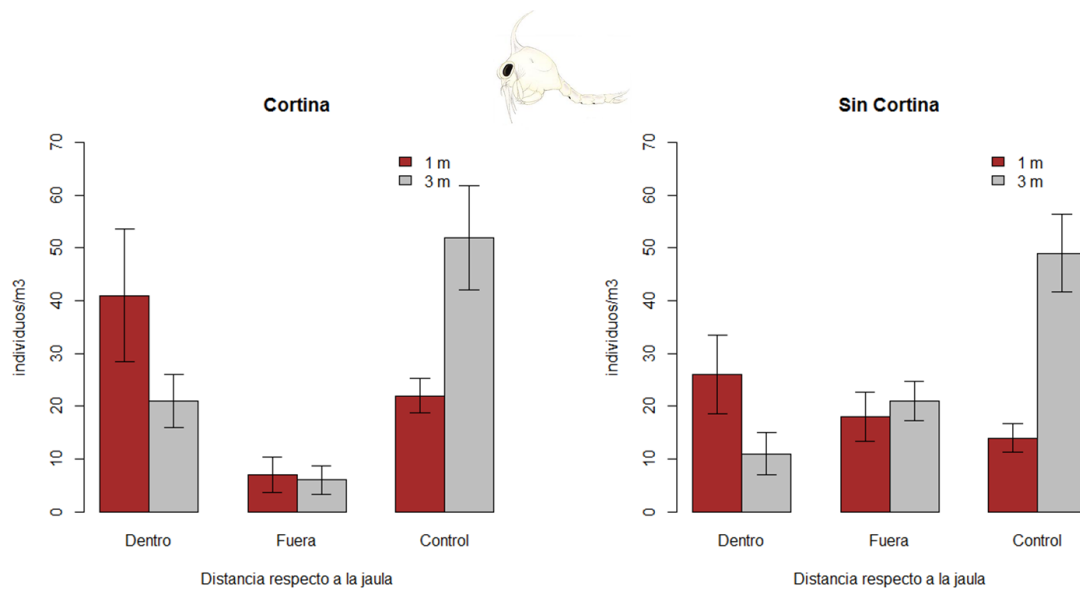


Figura 17. Abundancia media de las larvas de crustáceos (zoea) (ind/m^3) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

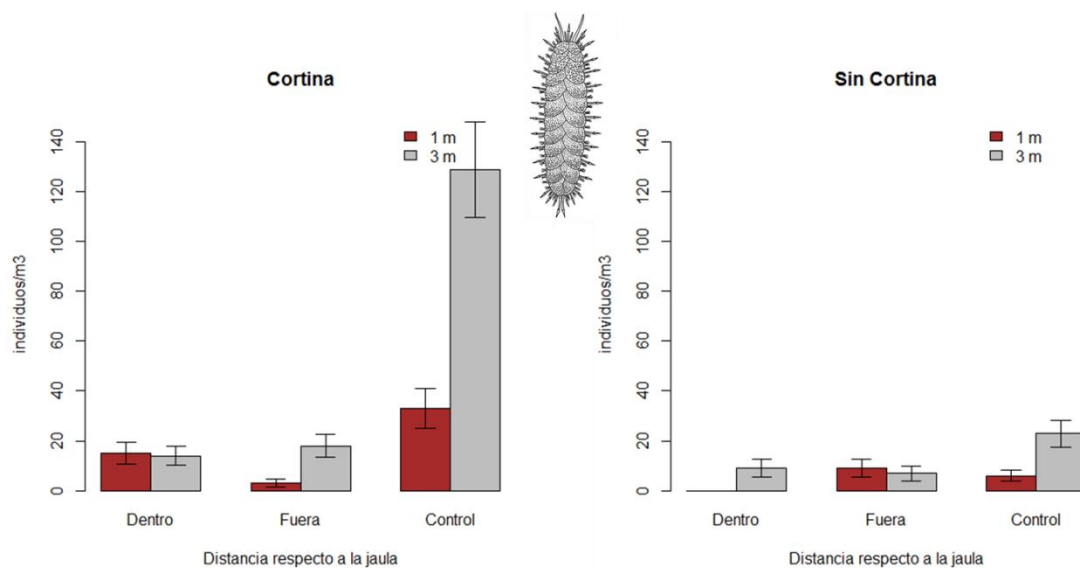
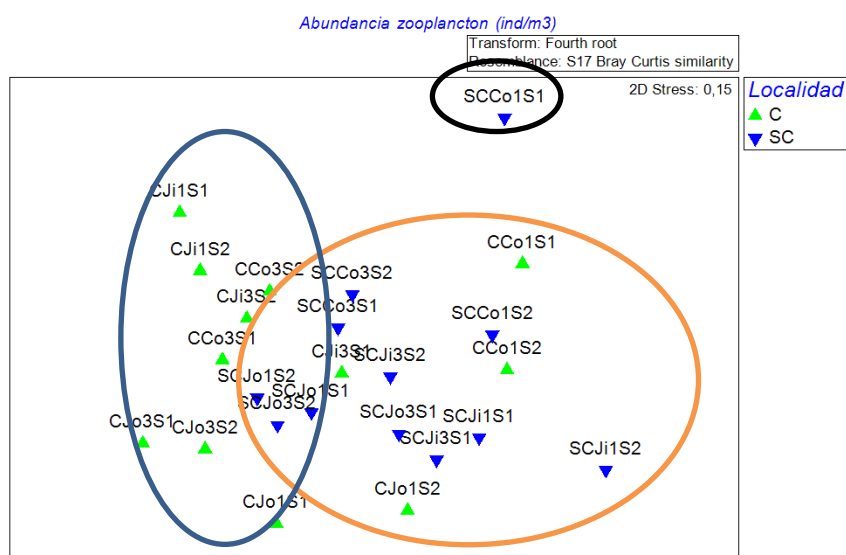


Figura 18. Abundancia media de la clase Polychaeta (ind/m^3) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

Fuentes de variación	gl	Abundancia total		Calanoida		Ciclopoida		Copepod nauplii		Evadne spp.		Podon spp.		Appendicularia		Crustacea		Polychaeta		F versus	
		CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F
Co	1	1,98444	4,0441	4801,5	6,0302*	351,68	1,0547	4136653	18,6242**	3897,3	9,2274*	15640,8	1,7265	75,72	2,5567	0,07	0,0031	20803,3	5,1324	S (L x D)	
Di	2	2,07498	4,2286	848,1	1,0651	1358,46	4,0739	2833956	12,7591**	1386,1	3,2818	10023,3	1,1064	270,29	9,1261*	54,728	2,4519	19635,8	4,8444	S (L x D)	
Pr	1	3,03562	16,2169**	1625,2	2,9353	2021,26	10,0807*	742613	1,6398	172,5	1,4107	0,8	0,0004	336,09	33,7551**	10,479	0,4822	14963,3	14,6699*	P x S (L x D)	
Co x Di	2	1,12944	2,3017	2201,6	2,7649	1096,28	3,2877	3215601	14,4774**	1520,7	3,6004	5843,3	0,645	23,06	0,7787	28,835	1,2919	12240,8	3,0199	S (L x D)	
Co x Pr	1	0,04858	0,2595	607,9	1,0979	132,00	0,6583	458803	1,0131	26,8	0,2191	700,8	0,3153	157,60	15,8289**	1,003	0,0461	6163,3	6,0425	P x S (L x D)	
Di x Pr	2	1,9867	10,6134*	2658,4	4,8014	502,52	2,5062	704591	1,5559	187,6	1,5342	1693,3	0,7619	0,17	0,0168	42,163	1,9401	8770,8	8,5989	P x S (L x D)	
Co x Di x Pr	2	0,91325	4,8788	1626,9	2,9385	218,89	1,0917	1044476	2,3064	235,9	1,9291	893,3	0,4019	34,80	3,4953	1,091	0,0502	5205,8	5,1038	P x S (L x D)	
Si (Co x Di)	6	0,4907	88,4295***	796,2	82,8315***	333,45	40,2040***	222112	13,2085***	422,4	91,7104***	9059,2	49,079**	29,62	7,9935***	22,320	10,5695***	4053,3	20,0992**	Res	
Pr x Si (Co x Di)	6	0,18719	33,7332***	553,7	57,5979***	200,51	24,1751***	452855	26,9303***	122,3	26,5536***	2222,5	12,0406**	9,96	2,6873*	21,732	10,2911***	1020	5,0579**	Res	
Res	96	0,0055		9,6		8,29		16816		4,6		184,6		3,71		2,112		201,7			
Transformación		Log(x+1)		Vx+1		Vx+1		No		Vx+1		-		Vx+1		Vx+1		-			

Tabla 4. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) con cuatro factores (Co: Cortina, Di: Distancia, Pr: profundidad, Si: sitio) para las abundancia de los grupos taxonómicos seleccionados en el estudio en las jaulas con cortina y sin cortina. Res: el residual, Gl: grados de libertad, CM: cuadrados medios, F: valor de F, *: significancia del pvalor siendo *p<0.05, **<0.01, ***p<0.001. Cuando no existía homogeneidad de varianzas se puso (-) siendo *p<0.01 y **<0.001. Cuando no existía transformación se puso "No".

El análisis multivariante se realizó con un MDS para observar la distribución de las muestras, seguido de un PERMANOVA y un SIMPER para ver las diferencias entre ellas.



El análisis del test PERMANOVA indicó ciertas diferencias y tendencias en los cambios mostrados por el MDS (Tabla 5), con diferencias marginales en la composición de la comunidad de zooplancton entre la interacción de los factores Distancia y Profundidad ($P < 0.07$). Sin embargo, sí que mostró diferencias significativas entre los factores Cortina y Distancia ($P < 0.04$), así como de los factores Cortina ($P < 0.02$), Distancia ($P < 0.02$) y Profundidad ($P < 0.01$).

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	F	P(perm)
Co	1	1613,1786	1613,1789	3,799	0,0238
Di	2	2458,0047	1229,0024	2,8942	0,018
Pr	1	1083,8087	1083,8087	6,3346	0,0106
Si(CoxDi)	6	2547,8273	424,6379	19,9885	0,0002
CoxDi	2	1914,7729	957,3865	2,2546	0,0386
CoxPr	1	113,4186	113,4186	0,6629	0,5926
DixPr	2	859,2001	429,6	2,519	0,075
PrxSi(CoxDi)	6	1026,5665	171,0944	8,0537	0,0002
LoxDixPr	2	707,9376	353,9688	2,0689	0,1148
Residual	96	2039,4351	21,2441		
Total	119	14364,1501			

Tabla 5. Resultados del análisis de PERMANOVA de la comunidad de zooplancton. Co: Cortina, Di: Distancia, Pr: profundidad, Si: sitio y R: Residual; Gl: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: valor de F, P(perm): pvalor.

El análisis del SIMPER mostró que a un metro de profundidad en las jaulas con cortina: *Evadne* spp., Polychaeta y nauplios de copépodos fueron los grupos taxonómicos que más contribuyeron a la disimilitud entre dentro, fuera y la zona control. Sin embargo, a 3 metros de profundidad la comunidad no varió en gran medida ya que los principales grupos que favorecían a la disimilitud entre muestras fueron *Evadne* spp., Polychaeta y las larvas zoea de decápodos (Tabla 5).

En las jaulas sin cortina a un metro de profundidad, el SIMPER indicó que los principales grupos taxonómicos que favorecían a la disimilitud entre los niveles de distancia, es decir, dentro, fuera y zona control, fueron: Calanoida, Ciclopoida y los nauplios de copépodos. Destacar que el orden Calanoida mostró el porcentaje más alto entre los niveles de distancia (Tabla 5). Sin embargo, a tres metros de profundidad, los grupos taxonómicos que favorecían a la disimilitud fueron diferentes. En este caso los principales grupos fueron larvas zoea de decápodos, *Podon* spp. y Polychaeta.

Cortina							
Grupos taxonómicos	Profundidad 1 m		Fuera-Control Disimilitud media = 18,81%	Dentro - Fuera Disimilitud media = 12,97%	Profundidad 3 m		Fuera - Control Disimilitud media = 14,42%
	Dentro-Fuera Disimilitud media = 17,61%	Dentro - Control Disimilitud media = 21,94%			Dentro - Control Disimilitud media = 11,10%		
Calanoida	17,52%	16,38%	-	7,64%	9,04%	4,86%	
Ciclopoida	14,50%	7,60%	5,73%	5,22%	-	5,62%	
Harpacticoida	13,04%	11,08%	-	6,29%	8,59%	8,08%	
Larvas de crustáceos (Zoea)	12,04%	8,00%	12,89%	14,49%	9,78%	17,31%	
<i>Evadne</i> spp.	11,48%	10,66%	24,73%	23,96%	7,63%	15,39%	
Polychaeta	10,46%	6,80%	16,04%	9,76%	23,53%	13,86%	
Nauplios de copépodos	9,12%	12,50%	6,27%	4,71%	7,81%	5,64%	
Appendicularia	4,19%	7,75%	13,17%	9,12%	7,79%	11,14%	
<i>Podon</i> spp.	-	14,84%	15,07%	11,45%	11,75%	12,12%	
Amphipoda	-	-	-	-	-	-	
Chaetognatha	-	-	-	-	6,00%	-	

Sin cortina							
Grupos taxonómicos	Profundidad 1 m		Fuera - Control Disimilitud media = 20,37%	Dentro - Fuera Disimilitud media = 11,22%	Profundidad 3 m		Fuera - Control Disimilitud media = 20,37%
	Dentro - Fuera Disimilitud media = 15,49%	Dentro - Control Disimilitud media = 14,98%			Dentro - Control Disimilitud media = 14,49%		
Calanoida	18,23%	17,83%	22,42%	10,20%	12,22%	10,93%	
Ciclopoida	12,88%	13,47%	16,38%	7,25%	5,42%	10,04%	
Harpacticoida	-	-	-	11,34%	9,92%	11,35%	
Larvas de crustáceos (Zoea)	13,53%	16,15%	6,89%	15,59%	15,67%	8,09%	
<i>Evadne</i> spp.	7,60%	11,76%	7,14%	-	12,69%	12,99%	
Polychaeta	10,91%	11,91%	8,61%	15,09%	13,69%	14,51%	
Nauplios de copépodos	11,78%	6,71%	11,80%	8,51%	-	-	
Appendicularia	6,43%	8,99%	9,45%	6,60%	9,85%	9,21%	
<i>Podon</i> spp.	11,36%	-	8,78%	15,46%	14,79%	12,93%	
Amphipoda	-	-	-	-	-	-	
Chaetognatha	-	4,63%	-	-	-	-	

Tabla 6. Resultados del análisis SIMPER y disimilitud media de los grupos taxonómicos que corresponden a la comunidad de zooplancton estudiada. Arriba la instalación con cortina y abajo sin cortina.

Discusión

Las mayores abundancias de nauplios de copépodos parásitos se localizaron en el primer metro de la columna de agua. Esto puede ser debido a que una vez que salen del huevo tienden a flotar en la parte superficial sin alimentarse hasta que alcanzan la etapa de copepodito, distribuidos por la dinámica marina. A pesar de esta distribución pasiva, los nauplios, además pueden responder visualmente a las sombras y destellos de sus hospedadores, usando mecanorreceptores en sus antenas para responder a las vibraciones que generan los salmones cuando realizan una migración vertical a alimentarse en las jaulas de piscifactoría, ya que el suministro de alimento es desde superficie, lo que asegura una mayor supervivencia para los parásitos (Costello, 2006).

El uso de la cortina no es la primera medida de gestión del piojo marino, además se han utilizado diferentes tratamientos para erradicar dicho parásito de las jaulas de acuicultura sin éxito. El más utilizado es el método del agua oxigenada, que consiste en introducir salmónidos infectados en baños de peróxido de hidrógeno. Este compuesto es mortal si la concentración, la temperatura y el tiempo de exposición son elevados (Thomassen, 1993). En cierta medida, el uso de la cortina reduce la entrada de copépodos parásitos en las jaulas de acuicultura ya que la abundancia dentro de la jaula es mucho menor que la que encuentra en las inmediaciones de las jaulas sin cortina, posiblemente producido por un efecto de reducción de las corrientes en estos puntos. Esta sería una medida de gestión que al menos reduce el uso de productos químicos y no somete a estrés a los salmones.

Otros estudios indicaron que añadir teflubenzuron en la alimentación de salmónidos disminuía considerablemente el número de adultos de *L. salmonis* por pez, además de presentar una gran eficacia frente a los primeros estadíos larvarios de este parásito (Branson, *et al.* 2000). En otro estudio se incorporó benzoato de emamectina en el alimento y también se redujo significativamente el número total de piojos (Stone *et al.*, 1999) y además este compuesto no tiene un gran efecto sobre el ecosistema marino y sus interacciones ya que se degrada continuamente (Telfer *et al.*, 2006).

El control biológico de los piojos del mar mediante el uso de *Cyclophorus lumpus* (Linnaeus, 1758) se ha convertido en una alternativa factible debido al elevado nivel de resistencia que han desarrollado los piojos a los tratamientos anteriores y a la necesidad

urgente de un método eficaz y sostenible de parásitos (Imsland *et al.*, 2014).

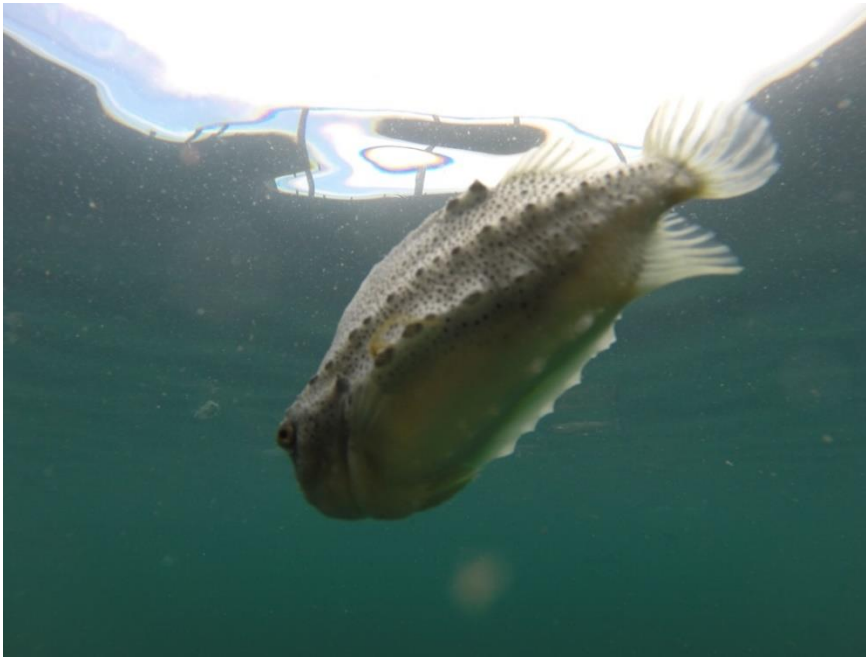


Figura 20. Cyclopterus lumpus utilizado para eliminar copépodos parásitos marinos.
Fuente: Pablo Sánchez Jerez.

Otra tecnología llevada a cabo en Noruega es un barco de grandes dimensiones que somete a los salmones a un nivel de estrés muy elevado. Actúa como succionador tratando de despegarles o eliminarles los copépodos parásitos adultos que tienen adheridos.



Figura 21. Barco utilizado para eliminación de copépodos parásitos adultos de los salmones atlánticos.
Fuente: Pablo Sánchez Jerez.

Existe una fuerte similitud entre los copépodos planctónicos y los parásitos ya que tienen una biología similar y, por lo tanto, pueden verse afectados negativamente por los productos de tratamiento de piojos del mar (Willis *et al.*, 2005). Es necesaria una evaluación del coste y del beneficio del uso de los diferentes métodos de control de la infestación de copépodos parásitos en el cultivo de salmón y realizar una evaluación más profunda del efecto de la cortina sobre este proceso, aunque parezca que tiene cierto efecto sobre su abundancia dentro de las jaulas de acuicultura.

Se detectó una mayor abundancia de zooplancton dentro de las jaulas y alrededor de las instalaciones donde cultivan salmón atlántico. Cabe destacar que dentro de las jaulas con cortina la abundancia era superior a la que había fuera de las jaulas sin cortina. El análisis de los diferentes grupos taxonómicos en la comunidad del zooplancton reveló que el efecto de las jaulas en ambientes costeros, aumentaba para la gran mayoría de los grupos de zooplancton, las abundancias en estas estructuras en comparación con las zonas control.

La colocación de las cortinas genera un efecto colateral sobre la comunidad de zooplancton, ya que cuando existe cortina dentro de la jaula se produce una agregación de zooplancton que es completamente visible desde superficie, mientras que cuando no existe la cortina se agrega en las inmediaciones de la jaula. Esto puede ser debido al incremento de recursos tróficos en el medio, es decir, al acúmulo de materia orgánica en partículas que se genera cuando los salmones cultivados son alimentados (Fernández-Jover *et al.*, 2016). Los copépodos constituyen la mayor parte de la biomasa del zooplancton en los ecosistemas marinos, desempeñando un papel central en la estructuración de las cadenas alimenticias pelágicas tanto como consumidores de fitoplancton como recurso alimentario para animales más grandes (Verity y Smetacek, 1996). Por lo tanto, los cambios en la distribución de zooplancton debido a la existencia de las jaulas de engorde de salmón pueden tener un efecto ecológico sobre la comunidad pelágica y su funcionamiento.

Otra de las razones por las que el zooplancton se agrega dentro de las jaulas con cortina, puede deberse a la constitución y la fabricación de la cortina ya que al ser de plástico actúa a modo de barrera impermeable impidiendo la mezcla de agua horizontal y, por consecuencia, el flujo de agua movido por las corrientes en estos puntos.

Los copépodos del orden Calanoida, mostraron el mismo patrón que los nauplios de los parásitos marinos, es decir, que la abundancia de individuos fue mayor en el primer metro de

profundidad que a los tres metros. Sin embargo, los copépodos del orden Ciclopoida eran más abundantes a los tres metros de profundidad. Puede existir cierto riesgo de depredación por parte de los calanoideos sobre los ciclopoideos ya que algunas especies de calanoideos son de mayor tamaño y carnívoras, y por consecuencia, los desplazan a profundidades mayores en aguas con elevadas concentraciones de nutrientes (Perbiche-Nebes *et al.*, 2007).

La abundancia de ciertos grupos puede suponer la consumición de materia orgánica particulada y fitoplancton del medio, reduciendo en cierta medida el impacto del engorde de salmón. Por ejemplo, los cladóceros del género *Evadne* spp. se acumulaban fuera de la jaula con cortina. Con el género *Podon* spp. ocurría lo mismo que con el género anterior pero su alta abundancia se producía a un metro de profundidad. Estos organismos al igual que otros organismos zooplanctónicos realizan migraciones nictemerales (Ramírez y Devreese, 1974) y deben variar su abundancia a lo largo del día. La alimentación de los cladóceros corre a cargo del fitoplancton de pequeño tamaño, sin embargo, los copépodos se alimentan de fitoplancton de gran tamaño generalmente, es por esto que posiblemente los cladóceros se agregan fuera de la jaula donde la abundancia de copépodos es menor (Sommer y Sommer, 2006).

Otro grupo que consume materia orgánica particulada, son las apendicularias. Éstas resultaron realmente abundantes fuera de las jaulas con cortina a tres metros de profundidad, por lo que también parece existir un efecto de agregación que se genera a raíz de los recursos tróficos no consumidos por las capas superiores. Las apendicularias poseen un globo llamado “house”, que es donde se encuentran los órganos filtradores de materia orgánica (King *et al.*, 1980), y son el principal alimento de larvas de peces y de copépodos carnívoros (Uye y Ichino, 1995), por lo tanto, debido a la predación de copépodos sobre ellas es posible que se vean desplazadas a zonas donde la concentración de los mismos es menor.

Las jaulas de engorde de salmón también pueden afectar al proceso de reclutamiento de decápodos, ya que las larvas de crustáceos se concentran dentro de las jaulas con cortina. La etapa de zoea es el período de dispersión de muchas especies bentónicas de decápodos, por lo que su acúmulo dentro de las jaulas y en las zonas control se debe al amplio rango de recursos alimenticios que pueden ingerir independientemente de los otros grupos taxonómicos (Omori y Hammer, 1982). En las jaulas de dorada y lubina se daba la agregación de larvas zoeas (Fernandez-Jover *et al.*, 2016) lo que puede deberse a la retención propiciada por las jaulas y a una mayor disponibilidad de recursos tróficos.

Conclusiones

La medida de gestión con el uso de cortinas parece no ser tan eficaz como se plantea por parte de los gestores noruegos con la entrada de nauplios de copépodos parásitos en las jaulas de engorde de salmón en Noruega.

Dicha cortina creó un efecto colateral en la comunidad de zooplancton agregándola en el interior de la jaula con abundancias muy superiores a las que se producían en las inmediaciones de las jaulas sin cortina. Es importante estudiar los efectos ecológicos de esta gran agregación de zooplancton en el interior de las jaulas. A su vez, la instalación de acuicultura tiene un efecto sobre determinados grupos, en relación con la existencia o no de la cortina antiparásitos, como se ha demostrado en otros sistemas de engorde de peces, posiblemente por su efecto de reducción de corrientes y retención en estos puntos.

La profundidad de muestreo es una variable importante a la hora de entender los cambios en la comunidad de zooplancton y de copépodos parásitos. Por otra parte, la gran variabilidad espacial y el efecto de las mareas hacen necesarios futuros proyectos con una mayor replicación espacial y en diferentes momentos de ciclo de mareas para poder entender bien el efecto de las jaulas de salmón sobre la abundancia y distribución de la comunidad de zooplancton costero.

Conclusions

The use of curtains as a management measure does not seem to be as effective as it is posed by the Norwegian managers with the entry of parasitic copepods nauplii in the salmon fattening cages in Norway.

This curtain created a side effect in the community of zooplankton being added inside the cage with abundances far superior to those produced by in the environs of the cages without curtains. It is important to study the ecological effects of this large aggregation of zooplankton inside the cages. In turn, the aquaculture facility has an effect on certain groups, in relation to the existence or not of the parasite curtain, as has been demonstrated in other fish farming systems, possibly due to its effect of reducing currents and retention in these sites.

Sampling depth is described as one of the most important variables to understand the

zooplankton changes, in addition to the effects of tides. This and other variables, must be considered for future studies with huge spatial replication, changing tidal cycles times for better understanding about salmon cage effects in the abundance and distribution of the coastal zooplankton community.

Agradecimientos

Este trabajo va dedicado a aquella persona que siempre me brindó su apoyo y luchó conmigo para que este sueño se hiciera realidad, para ti mamá.

Este trabajo es parte del proyecto LiceRisk - Abundance and distribution of sea lice larvae in relation to the three dimensional current flow patterns around and within salmon farms, subvencionado por el Norwegian Research Council 254912/E40, liderado por Pascal Klebert de SINTEF. Agradecer a Ingebrigt Uglem y Eva Marita Ulvan de NINA y a Vicky Fernandez, Kilian Toledo y Pablo Sánchez de la UA por la toma de las muestras utilizadas en este Trabajo de Fin de Grado.

Dar las gracias además, a mi tutor Pablo Sánchez Jerez por dedicarme su tiempo y explicarme el proyecto, además de proporcionarme bibliografía para realizar este trabajo, a Vicky Fernández González por ayudarme a preparar las muestras en el laboratorio y con la identificación, a Pablo Arechavala y a Guillermo Follana por su ayuda con el análisis estadístico del proyecto, a Álex Wardale por su ayuda con las traducciones al inglés.

Referencias

á Norði, G., Simonsen, K., and Patursson, Ø. (2016). A method of estimating in situ salmon louse nauplii production at fish farms. *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 397-405.

Aaen, S. M., Helgesen, K. O., Bakke, M. J., Kaur, K., and Horsberg, T. E. (2015). Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. *Trends in parasitology*, 31(2), 72-81.

Anderson, J. L. (1997). The growth of salmon aquaculture and the emerging new world order of the salmon industry. *Global Trends: Fisheries Management. American Fisheries Society. Bethesda, MD*, 175-184.

Anderson, M., and Braak, C. T. (2003). Permutation tests for multi-factorial analysis of

variance. *Journal of statistical computation and simulation*, 73(2), 85-113.

Arechavala-Lopez, P., Thorstad, E. B., Todd, C. D., Uglem, I., Bjørn, P. A., Gargan, P. G., ... and Finstad, B. (2015). Efectos del piojo del salmón *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) en las poblaciones de truchas (*Salmo trutta*) de la costa NE Atlántica. *Revista de biología marina y oceanografía*, 50(3), 411-426.

Bergheim, A. (2012). Recent growth trends and challenges in the Norwegian aquaculture industry/ Tendencias recientes de crecimiento y desafíos de la industria acuícola en Noruega. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(3), 800.

Birkeland, K. (1996). Consequences of premature return by sea trout (*Salmo trutta*) infested with the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer): migration, growth, and mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(12), 2808-2813.

Boghen, A. D. (1996). Cold-water aquaculture in Atlantic Canada.

Borja, Á., Rodríguez, J. G., Black, K., Bodoy, A., Emblow, C., Fernandes, T. F., ... and Papageorgiou, N. (2009). Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture*, 293(3), 231-240.

Boxaspen, K. (2006). A review of the biology and genetics of sea lice. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 63(7), 1304-1316.

Boxaspen, K., and T. Næss. (2000). Development of eggs and the planktonic stages of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) at low temperatures. *Contributions to Zoology* 69, 51–55.

Branson, E. J., Rønsberg, S. S., and Ritchie, G. (2000). Efficacy of teflubenzuron (Calicide®) for the treatment of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer 1838), infestations of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Research*, 31(11), 861-867.

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral Ecology*, 18(1), 117-143.

Clarke, K. R., and Warwick, R. M. (1994). An approach to statistical analysis and

interpretation. *Change in marine communities*, 2.

Clarke, K. R., and Gorley, R. N. (2006). *PRIMER V6: user manual-tutorial*. Plymouth Marine Laboratory.

Cochran, W. G. (1951). Testing a linear relation among variances. *Biometrics*, 7(1), 17-32.

Costello, M. J. (2006). Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends in parasitology*, 22(10), 475-483.

Costelloe, M., Costelloe, J., and Roche, N. (1996). Planktonic dispersion of larval salmon-lice, *Lepeophtheirus salmonis*, associated with cultured salmon, *Salmo salar*, in western Ireland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 76(01), 141-149.

Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J. T., Giménez-Casalduero, F., and Valle, C. (2002). Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. *Marine Ecology Progress Series*, 242, 237-252.

Fernandez-Gonzalez, V., and Sanchez-Jerez, P. (2011). Effects of sea bass and sea bream farming (Western Mediterranean Sea) on peracarid crustacean assemblages. *Animal Biodiversity and conservation*, 34(1), 179-190.

Fernandez-Jover, D., Toledo-Guedes, K., Valero-Rodriguez, J. M., Fernandez-Gonzalez, V., and Sanchez-Jerez, P. (2016). Potential retention effect at fish farms boosts zooplankton abundance. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 181, 144-152.

Finstad, B., Bjørn, P. A., Todd, C. D., Whoriskey, F., Gargan, P. G., Forde, G., and Revie, C. W. (2011). The effect of sea lice on Atlantic salmon and other salmonid species. *Atlantic salmon ecology*, 253-276.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture.

Frenzl, B., Stien, L. H., Cockerill, D., Oppedal, F., Richards, R. H., Shinn, A. P., ... and Migaud, H. (2014). Manipulation of farmed Atlantic salmon swimming behaviour through the adjustment of lighting and feeding regimes as a tool for salmon lice control. *Aquaculture*, 424, 183-188.

Gross, M. R. (1998). One species with two biologies: Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild and in aquaculture. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(S1), 131-144.

Heuch, P. A., Bjørn, P. A., Finstad, B., Holst, J. C., Asplin, L., and Nilsen, F. (2005). A review of the Norwegian 'National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids': the effect on wild salmonids. *Aquaculture*, 246(1), 79-92.

Holmer, M., Hansen, P. K., Karakassis, I., Borg, J. A., and Schembri, P. J. (2008). Monitoring of environmental impacts of marine aquaculture. In *Aquaculture in the Ecosystem*, 47-85.

Imsland, A., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T., Nytrø, A., Foss, A., ... and Elvegård, T. (2014). Notes on the behaviour of lumpfish in sea pens with and without Atlantic salmon present. *Journal of ethology*, 32(2).

Johnson, S. C., and Albright, L. J. (1991). Development, growth, and survival of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) under laboratory conditions. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 71(02), 425-436.

Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K. N., and Plaiti, W. (2000). Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57(5), 1462-1471.

King, K. R., Hollibaugh, J. T., and Azam, F. (1980). Predator-prey interactions between the larvacean *Oikopleura dioica* and bacterioplankton in enclosed water columns. *Marine Biology*, 56(1), 49-57.

Lien, A. M., Volent, Z., Jensen, Ø., Lader, P., and Sunde, L. M. (2014). Shielding skirt for prevention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in cages—A scaled model experimental study on net and skirt deformation, total mooring load, and currents. *Aquacultural Engineering*, 58, 1-10.

MacCrimmon, H. R., and Gots, B. L. (1979). World distribution of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 36(4), 422-457.

Mirto, S., Bianchelli, S., Gambi, C., Krzelj, M., Pusceddu, A., Scopa, M., ... and Danovaro, R. (2010). Fish-farm impact on metazoan meiofauna in the Mediterranean Sea: analysis of regional vs. habitat effects. *Marine Environmental Research*, 69(1), 38-47.

Molloy, S. D., Pietrak, M. R., Bouchard, D. A., and Bricknell, I. (2011). Ingestion of *Lepeophtheirus salmonis* by the blue mussel *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 311(1), 61-64.

Omori, M., and Hamner, W. M. (1982). Patchy distribution of zooplankton: behavior, population assessment and sampling problems. *Marine biology*, 72(2), 193-200.

Perbiche-Neves, G., Serafim-Júnior, M., Ghidini, A. R., and Brito, L. D. (2007). Spatial and temporal distribution of Copepoda (Cyclopoida and Calanoida) of an eutrophic reservoir in the basin of upper Iguaçu River, Paraná, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(4), 393-406.

Pike, A. W., and Wadsworth, S. L. (1999). Sealice on salmonids: their biology and control. *Advances in parasitology*, 44, 233-337.

Ramirez, F. C., and De Vreese, P. (1974). Taxonomy and distribution of Cladocera (Crustacea, Phyllopoda) from sectors of the Buenos Aires and adjacent shelf waters. *Physis*, 33(87), 511-526.

Saunders, R. L. (1995). Salmon aquaculture: present status and prospects for the future. *Cold-Water Aquaculture in Atlantic Canada*, 35-81.

Sommer, U., and Sommer, F. (2006). Cladocerans versus copepods: the cause of contrasting top-down controls on freshwater and marine phytoplankton. *Oecologia*, 147(2), 183-194.

Stone, J., Sutherland, I. H., Sommerville, C. S., Richards, R. H., and Varma, K. J. (1999). The efficacy of emamectin benzoate as an oral treatment of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), infestations in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 22(4), 261-270.

Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., ... and Madhun, A. S. (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 72(3), 997-1021.

Telfer, T. C., Baird, D. J., McHenery, J. G., Stone, J., Sutherland, I., and Wislocki, P. (2006). Environmental effects of the anti-sea lice (Copepoda: Caligidae) therapeutant emamectin benzoate under commercial use conditions in the marine environment. *Aquaculture*, 260(1), 163-180.

Thomassen, J. M. (1993). Hydrogen peroxide as a delousing agent for Atlantic

salmon. *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice*, 290-295.

Tully, O., and Whelan, K. F. (1993). Production of nauplii of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)(Copepoda: Caligidae) from farmed and wild salmon and its relation to the infestation of wild sea trout (*Salmo trutta* L.) off the west coast of Ireland in 1991. *Fisheries Research*, 17(1-2), 187-200.

Tully, O., Poole, W. R., and Whelan, K. F. (1993). Infestation parameters for *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer)(Copepoda: Caligidae) parasitic on sea trout, *Salmo trutta* L., off the west coast of Ireland during 1990 and 1991. *Aquaculture Research*, 24(4), 545-555.

Underwood, A. J. (1981). Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 19, 513-605.

Underwood, A. J. (1997). *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press.

Uye, S. I., and Ichino, S. (1995). Seasonal variations in abundance, size composition, biomass and production rate of *Oikopleura dioica* (Fol)(Tunicata: Appendicularia) in a temperate eutrophic inlet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 189(1-2), 1-11.

Verity, P. G., and Smetacek, V. (1996). Organism life cycles, predation, and the structure of marine pelagic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 277-293.

Wagner, G. N., Fast, M. D., and Johnson, S. C. (2008). Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends in parasitology*, 24(4), 176-183.

Willis, K. J., Gillibrand, P. A., Cromey, C. J., and Black, K. D. (2005). Sea lice treatments on salmon farms have no adverse effects on zooplankton communities: a case study. *Marine Pollution Bulletin*, 50(8), 806-816.

Anexo

En este anexo se encuentran los grupos taxonómicos que menor relevancia han tenido debido a su baja abundancia como son Chaetognatha, Amphipoda y Harpacticoida, con sus respectivas figuras y su tabla de ANOVA.

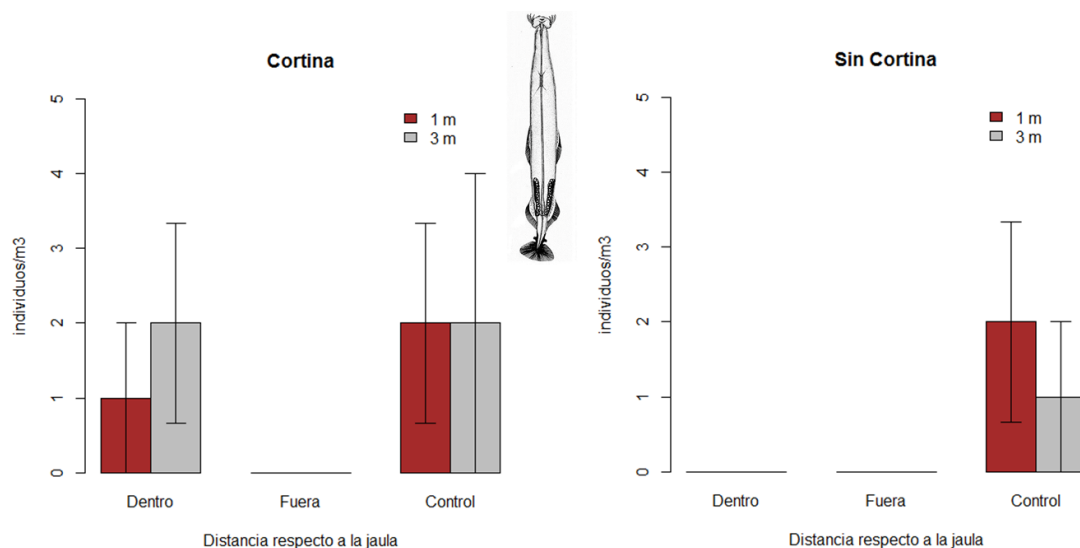


Figura 22. Abundancia media del phylum Chaetognatha (ind/m³) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

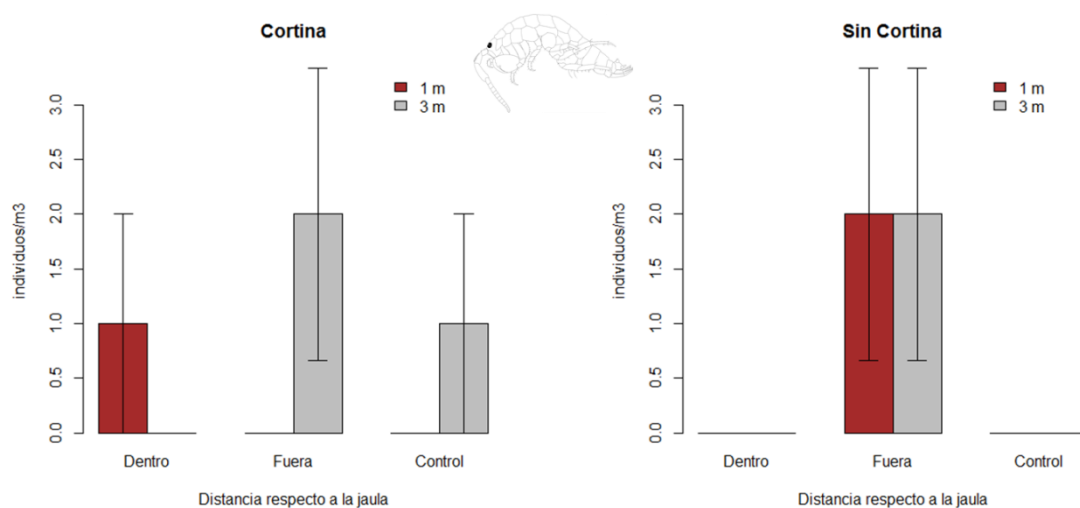


Figura 23. Abundancia media del orden Amphipoda (ind/m³) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3

metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

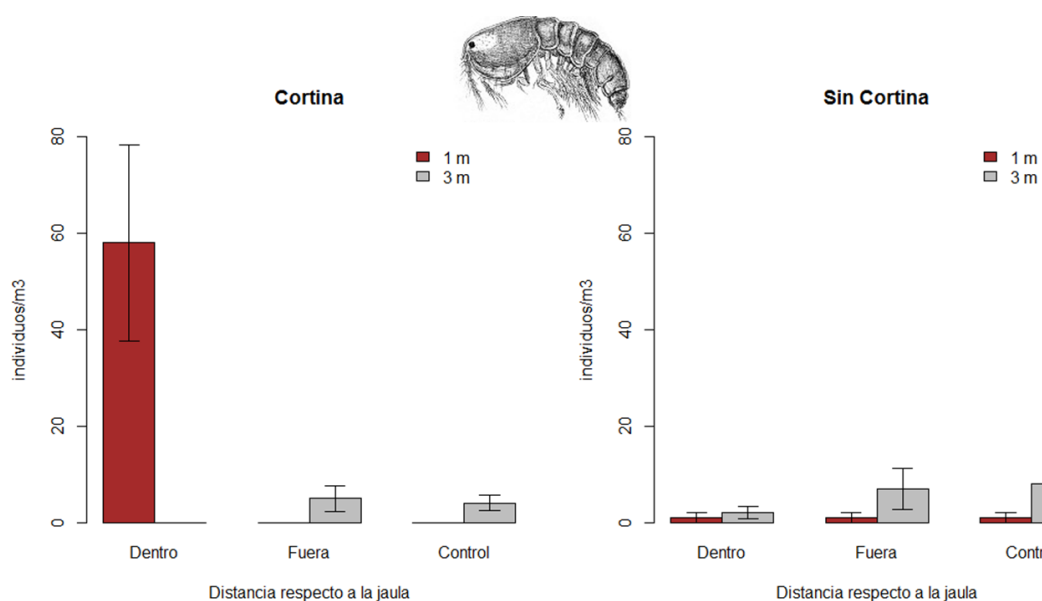


Figura 24. Abundancia media de los copépodos del orden Harpacticoida (ind/m³) en las instalaciones con cortina y sin cortina, a 1 y 3 metros de profundidad, dentro de la jaula, en la instalación y en zonas control. Las barras de error indican el error estándar.

Fuentes de variación	gl	Quetognata		Amphipoda		Harpacticoida		F versus
		CM	F	CM	F	CM	F	
Co	1	13,3333	8	0	0	1840,8	0,635	S (L x D)
Di	2	30,8333	18,5	20,833	1,3889	1920	0,6623	S (L x D)
Pr	1	0	0	3,333	2	1020,8	0,3517	P x S (L x D)
Co x Di	2	5,8333	3,5	7,5	0,5	2903,3	1,0014	S (L x D)
Co x Pr	1	3,3333	0,2222	3,3333	2	3307,5	1,1395	P x S (L x D)
Di x Pr	2	2,5	0,1667	5,8333	3,5	3853,3	1,3276	P x S (L x D)
Co x Di x Pr	2	0,8333	0,0556	5,8333	3,5	2710	0,9337	P x S (L x D)
Si (Co x Di)	6	1,6667	0,1739	15	2,5714	2899,2	41,9157	Res
Pr x Si (Co x Di)	6	15	1,5652	1,6667	0,2857	2902,5	41,9639	Res
Res	96	9,5833		5,8333		69,2		
Transformación		-		-		-		

Tabla 7. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) con cuatro factores (Co: Cortina, Di: Distancia, Pr: profundidad, Si: sitio) para las abundancia de los grupos taxonómicos seleccionados en el estudio en las jaulas con cortina y sin cortina. Res: el residual, Gl: grados de libertad, CM: cuadrados medios, F: valor de F, *: significancia del pvalor siendo *p<0.05, **<0.01, ***p<0.001. Cuando no existía homogeneidad de varianzas se puso (-) siendo *p<0.01 y **<0.001.